

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 542 023**

51 Int. Cl.:

H04B 7/005 (2006.01)

H04W 52/24 (2009.01)

H04W 52/12 (2009.01)

H04W 52/14 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2006 E 06807853 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2015 EP 1926225**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:

17.08.2005 ES 200502056

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

29.07.2015

73 Titular/es:

**TOT POWER CONTROL, S.L. (100.0%)
C/ Gobelos, 17 bajo
28023 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**CAMPO CAMACHO, ALFONSO;
BLANCO CARMONA, MIGUEL;
MENDO TOMAS, LUIS;
HERNANDO RABANOS, JOSÉ MARÍA y
LOPEZ MEDRANO, ALVARO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 542 023 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica

Objeto de la invención

5 La presente invención tiene su aplicación dentro del sector de las telecomunicaciones y, en especial, en la industria dedicada a la fabricación tanto de estaciones base como de móviles en infraestructuras celulares para sistemas de comunicación inalámbrica.

Más particularmente, la invención que aquí se describe, dentro del campo de las comunicaciones, se refiere a un procedimiento y dispositivo para el sistema de control de potencia por lazo externo en una red celular de telefonía móvil.

10 Un objeto de la invención es permitir un control de potencia mediante el procedimiento de lazo externo que, complementado con el procedimiento de la invención y que aquí se denomina "Outage-Based OLPC" ["OLPC basado en apagones"], se adapta a las condiciones de propagación cambiantes del canal de comunicación.

15 Es asimismo un objeto de la invención proporcionar un dispositivo adaptado para ser incorporado en el controlador de una estación base o de un móvil, que realiza el ajuste dinámico del nivel de potencia según el objetivo de la relación deseada entre señal e interferencia, establecida por el procedimiento "Outage-Based OLPC" que se propone.

Antecedentes de la invención

20 En Enero de 1998, el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI) seleccionó la tecnología básica para el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS) (véase ETSI, "The ETSI UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA) ITU-R RTT Candidate Submission" ["La Presentación Candidata RTT ITU-R de Acceso por Radio Terrestre al UMTS (UTRA) del ETSI"], Junio de 1998). La principal interfaz de radio propuesta fue el protocolo de Acceso Múltiple por División de Código en Banda Ancha (WCDMA, Wideband Code Division Multiple Access), cuyas características ofrecen la oportunidad de satisfacer completamente los requisitos de la telefonía móvil de tercera generación (3G). Debido a la alta tasa de transmisión de datos y a los cada vez más exigentes requisitos de calidad de servicio (QoS) en 3G, se impone el desarrollo de nuevas estrategias de planificación. Entre ellas, probablemente la de mayor objeto de estudio es la estrategia del sistema de control de potencia, en particular, la del procedimiento empleado para implementar el lazo externo de dicho sistema.

30 A continuación, se describe el mencionado sistema de control de potencia de un modo general, pues la funcionalidad del lazo externo, para el que esta invención propone un procedimiento, es consecuencia de otros componentes del sistema.

35 El sistema de control de potencia en redes celulares, basadas en WCDMA, es necesario, dado que se trata de una tecnología limitada por interferencia, debido a que todos los usuarios comparten el mismo espectro de frecuencia y sus códigos no son completamente ortogonales (véase Holma & Toskala: "WCDMA por UMTS, Radio Access for Third Generation Mobile Communications" ["WCDMA para UMTS, Acceso de radio para comunicaciones móviles de la tercera generación"], John Wiley e Hijos.).

El fin último del sistema de control de potencia en WCDMA es alcanzar la calidad de servicio requerida en un enlace particular, descendente desde la estación base al móvil o equipo terminal, o bien, ascendente desde el móvil a la estación base, con un mínimo nivel de potencia transmitida (este aspecto es precisamente en el que se centra la invención).

40 Los principales objetivos del sistema de control de potencia en redes WCDMA son:

- Anulación del efecto cerca – lejos: en el caso de que todas las estaciones móviles transmitieran la misma potencia sin tener en cuenta la distancia o el desvanecimiento hasta la estación base, los móviles más cercanos a la misma supondrían una interferencia significativa para los terminales más lejanos.
- Protección contra desvanecimientos profundos.
- 45 • Minimización de la interferencia en la red con la consecuente mejora en capacidad.
- Mayor duración de la batería de las estaciones móviles.

Un sistema de control de potencia para WCDMA está implementado en conjunto mediante tres procedimientos diferenciados:

- Por lazo abierto: durante el proceso de acceso aleatorio al principio de una conexión, la estación base, o móvil, estima la pérdida de potencia en el enlace ascendente/descendente y en función de ella ajusta su potencia de transmisión.

5 • Por lazo cerrado o interno: también llamado control de potencia rápido (1.500 Hz) que se compone de las siguientes tres etapas:

1) El terminal receptor correspondiente (la estación base o la unidad móvil) compara el valor de la relación deseada entre señal e interferencia recibida (SIR_{rec}) con la relación deseada entre señal e interferencia ($SIR_{deseada}$) que depende de la calidad de servicio requerida para ese enlace en concreto, y la cual es fijada por el procedimiento de lazo externo que se explica más adelante. El valor de la relación recibida entre señal e interferencia (SIR_{rec}) puede ser estimado mediante una arquitectura de hardware, como la descrita en "Una arquitectura hardware flexible para estimación de relación señal a interferencia en sistemas WCDMA", por Juan Carlos Sáez Ruiz, Departamento de Electrociencia, ASIC Digital, Universidad de Lund.

2) El mismo terminal receptor envía bits de control de potencia indicando que la potencia de transmisión debe ser incrementada (si $SIR_{rec} < SIR_{objetivo}$) o disminuida (si $SIR_{rec} > SIR_{objetivo}$) en un cierto valor (normalmente 1dB).

3) La unidad transmisora (estación base o móvil) aumenta o bien disminuye su potencia en la cantidad fijada anteriormente.

- Por lazo externo (OLPC, Outer Loop Power Control): es mucho más lento que el lazo cerrado (entre 10 y 100 Hz) y establece la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) que hace que se mantenga un objetivo de calidad predeterminado. Un criterio o una medida de la calidad de un enlace es la tasa de errores de trama (FER) o, equivalentemente, la tasa de errores de bloque (BLER), que es función de la relación deseada entre señal e interferencia (SIR_{rec}). Puesto que el lazo interno ayuda a mantener la relación deseada entre señal e interferencia recibida (SIR_{rec}) cerca de la relación entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) la tasa de errores de bloque (BLER) es, en última instancia, determinada por este valor objetivo. De este modo, para alcanzar una calidad de servicio en un entorno de desvanecimiento determinado, el objetivo ($SIR_{objetivo}$) necesita ser ajustado al valor que es apropiado para ese entorno.

Desgraciadamente, no existe un objetivo ($SIR_{objetivo}$) que pueda alcanzar la tasa de errores de bloque (BLER) requerida para todos los entornos de desvanecimiento en el canal de comunicación inalámbrica. Por esta razón, el ajuste dinámico de esta relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) es hoy en día motivo de estudio y se han descrito mecanismos para ajustar dicha relación en forma conveniente.

El diseño para el control de potencia por lazo externo (OLPC) comúnmente aceptado es el basado en la tasa de errores de bloque objetivo ($BLER_{objetivo}$), y llamado "BLER-Based OLPC" ["OLPC basado en BLER"], el cual mide ésta métrica y cambia la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) en consecuencia, según que la tasa deseada de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$) esté por encima o por debajo del umbral deseado (véase Sampath A, Kumar P S & Holtzman J M (1997), "On setting reverse link target SIR in a CDMA system" ["Sobre la determinación de la SIR deseada del enlace inverso en un sistema de CDMA"], *Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference* ["Anales de la conferencia de tecnología vehicular del IEEE"], Phoenix, Arizona, págs. 929 a 933). El inconveniente es que, teniendo en cuenta que la técnica de medición de la tasa de errores de bloque (BLER) es bastante lenta, especialmente para servicios de alta calidad, las prestaciones de estos sistemas quedan muy deterioradas en entornos dinámicos con características de desvanecimiento cambiantes en muy cortos plazos de tiempo (véase Holma H., "WCDMA for UMTS" ["WCDMA para UMTS"], John Wiley e Hijos, LTD, 2002). La mencionada lentitud para los servicios que requieren una tasa de errores de bloque (BLER) baja (ejemplo: 0,1%) es debida a que el procedimiento "BLER-based OLPC" se basa en contabilizar los errores mediante el Código de Redundancia Cíclica (CRC), lo cual implica un número demasiado elevado de bloques de datos para llegar a una estimación precisa de la tasa de errores de bloque (BLER).

Un estudio en profundidad acerca de las prestaciones del procedimiento de OLPC basado en BLER se divulga en "Outer-loop power control (OLPC) System Level Simulation" ["Simulación a nivel de sistema del control de potencia por lazo externo (OLPC)"], TOP OPTIMIZED TECHNOLOGIES (TOT) [Tecnologías superlativamente optimizadas], Borrador del 3GPP, Centro de Competencia Móvil, Grupo de trabajo 4 TSG-RAN, Atenas, Grecia; 16 de mayo de 2005. Los resultados de dicho estudio confirman el impacto global de la baja velocidad de convergencia del procedimiento de OLPC basado en BLER, en términos de llamadas perdidas, capacidad e interferencia en comparación con procedimientos alternativos de OLPC como el basado en Apagones. Obsérvese que en el OLPC basado en Apagones, el criterio de calidad es el valor de la probabilidad deseada de apagón asociada a un margen de desvanecimiento; también obsérvese que el OLPC basado en Apagones descrito en el precitado documento en

“Outer-loop power control (OLPC) System Level Simulation” usa (adapta o afina) un único margen de desvanecimiento, que corresponde a las características actuales del desvanecimiento.

El problema más grave es el que tiene lugar cuando existe un cambio favorable en las condiciones de propagación ante el cual el procedimiento “BLER-based OLPC” reacciona de forma muy lenta, haciendo que la relación deseada entre señal e interferencia objetivo (SIR_{objetivo}) fijada por dicho procedimiento de control de potencia por lazo externo sea mayor que la necesaria durante un largo período de tiempo, con el consecuente aumento de interferencia y, por tanto, la pérdida de capacidad del sistema.

Se ha generado mucha investigación con la intención de resolver la lenta convergencia del procedimiento de control de potencia que, como se ha explicado, ocurre en el “BLER-Based OLPC”. Una de las opciones más usadas como posible solución consiste en realizar modificaciones del tamaño de los saltos de ajuste para la relación deseada entre señal e interferencia objetivo (SIR_{objetivo}) que impone el mencionado procedimiento “BLER-based OLPC” (véase de nuevo Sampath A, Kumar P S & Holtzman J M (1997), “On setting reverse link target SIR in a CDMA system”, Proc. IEEE Vehicular Technology Conference, Phoenix, Arizona, págs. 929 a 933). Sin embargo, esa opción no resuelve el problema inherente de este tipo de procedimiento de control de potencia, puesto que también conlleva un número muy alto de bloques de datos para la estimación precisa de la tasa de errores de bloque (BLER). Basados en este principio del criterio de calidad que obedece la tasa de errores de bloque objetivo ($BLER_{\text{objetivo}}$), pueden citarse varios procedimientos que han sido objeto de las siguientes solicitudes de patentes estadounidenses: US 2004/0137860, US 2004/0157636 y US 2003/0031135.

Otra de las alternativas más habituales para solventar el problema de la lenta convergencia del procedimiento “BLER-Based OLPC” es la consideración de otras métricas (las llamadas “soft metrics” [“métricas suaves”]), entre ellas: Tasa de Errores de Bit (BER), Tasa de Errores de Símbolo re-codificada (SER), métrica de potencia re-codificada, número de iteraciones de descodificación, métrica modificada de Yamamoto y la Distancia Euclidiana (ED) (véase Rege Kiran, “On Link Quality Estimation for 3G Wireless Communication Networks” [“Sobre la estimación de la calidad de enlace para redes de comunicación inalámbrica 3G”], en los Anales de IEEE VTS Otoño VTC2000. 52ª Conferencia de tecnología vehicular). Estas métricas tienen la ventaja, respecto a la tasa de errores de bloque (BLER), de que pueden ser estimadas con mucha más rapidez.

Ya que el fin del OLPC es el de cumplir un objetivo de tasa de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$) constante, y que para un cambio moderado de la longitud de bloque por las condiciones de propagación del canal, se establece una relación prácticamente fija entre la tasa de errores de bloque (BLER) y las mencionadas “soft metrics”, con la que es posible encontrar la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$) a partir de una estimación de cualquiera de dichas métricas. A modo de ejemplo, cabe mencionar varios diseños de procedimientos basados en estas métricas que han sido objeto de las siguientes patentes: US 6434124 y US 6763244.

No obstante, el inconveniente del control de potencia por lazo externo basado en tales métricas surge cuando un cambio en las condiciones de propagación del canal afecta considerablemente a la longitud de bloque. En esta situación, la correlación entre la tasa de errores de bloque (BLER) y las métricas consideradas como “soft metrics” ya no es fija y entonces no se llega a alcanzar una tasa de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$) constante (véase Avidor, Dan, “Estimating the Block Error Rate at the Output of the Frame Selector in the UMTS System” [“Estimación de la tasa de errores de bloque en la salida del selector de tramas en el sistema del UMTS”], en *Proceedings of the Wireless Networks and Emerging Technologies (WNET '02)* [“Anales de las redes inalámbricas y las tecnologías emergentes”], *Wireless and Optical Communications (WOC 2002)* [“Comunicaciones inalámbricas y ópticas”], Julio de 2002, Banff, Alberta, Canadá).

Además, Jonas Blom, Fredrik Gunnarson y Fredrik Gustafsson en su solicitud de patente US 6449462, establecen un procedimiento para controlar la relación deseada entre señal e interferencia objetivo (SIR_{objetivo}), basado también en la medición de la tasa de errores de bloque (BLER), pero junto con la estimación de unos determinados parámetros representativos de las diferentes condiciones del canal radioeléctrico y de la distribución estadística de las señales interferentes. El procedimiento se basa en la determinación de una función de calidad definida como la probabilidad de una trama errónea condicionada por los mencionados parámetros. Aunque esta estrategia implica ganancias de capacidad del orden del 30%, el proceso para la obtención de dicha función de calidad impone un retardo que deteriora las prestaciones de estos tipos de modelos. Aparte, en el artículo de los mismos autores en el que se describe la invención con mayor detalle técnico: “Estimation and Outer Loop Power Control in Cellular Radio Systems” [“Estimación y control de potencia de lazo externo en sistemas de radio celular”] presentado a *ACM Wireless Networks* [“Redes Inalámbricas ACM”], se indica que el sistema puede degradarse debido a desvanecimientos en el canal radioeléctrico.

El solicitante de la presente, Álvaro López Medrano, en la solicitud de patente española ES 200202947 (véanse también los artículos de Álvaro López-Medrano: “Optimal SIR target determination for Outer-Loop Control in the W-

CDMA System” [“Determinación óptima de objetivos de SIR para el control de lazo externo en el sistema de WCDMA”], *Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference [“Anales de la Conferencia de Tecnología Vehicular del IEEE”]* (VTC), Otoño de 2003, 6 al 9 de octubre de 2003, Orlando (EE UU) y “Optimal SIR target determination for Outer-Loop Control in the W-CDMA System: Inverse SIR Cumulative Distribution Function computation throughout the Newton-Raphson Method” [“Determinación óptima de objetivos de SIR para el control de lazo externo en el sistema de W-CDMA: cálculo de la función de distribución acumulativa inversa de la SIR mediante el método de Newton-Raphson”], *Proceedings of the 12th IST Summit on Mobile and Wireless Communications (Volume II) [“Anales de la 12ª conferencia de alto nivel IST sobre comunicaciones móviles e inalámbricas (Volumen II)”]*, págs. 732 a 736, 15 al 18 de junio de 2003, Aveiro, Portugal) propone un lazo externo del sistema de control de potencia en sistemas 3G, basado en un criterio de calidad distinto al de la tasa de errores de bloque objetivo (BLER_{objetivo}). Este criterio de calidad en que se basa el procedimiento descrito en el documento ES 200202947 es la probabilidad de corte (P_{corte}), con lo que se evita la inherente baja velocidad de convergencia del procedimiento “BLER-based OPLC”, ya comentada.

Como se explica en el documento ES 200202947, la probabilidad de corte (P_{corte}) constituye otro parámetro de calidad habitualmente aplicado en infraestructuras celulares, que se establece previamente, durante la fase de planificación de la red de comunicaciones, en función de la clase de servicio cubierto por el enlace de comunicación, las características de las células y, dentro de cada célula, de las características de la zona de servicio. A partir de esta probabilidad de corte (P_{corte}), en la mencionada solicitud de patente se propone determinar el margen de desvanecimiento ($M_{(S_{ij})}$ (dB)) correspondiente a la relación deseada entre señal e interferencia y, por tanto, se establece la relación deseada entre señal e interferencia objetivo (SIR_{objetivo}) para un criterio de calidad de servicio dado por la probabilidad de corte (P_{corte}) y unos momentos estadísticos característicos del canal radioeléctrico bajo consideración.

Lo expuesto en el párrafo anterior se traduce en un problema matemático propuesto en primer lugar por S. Kandukuri y S. Boyd (en *IEEE Transactions on Wireless Communications [“Transacciones del IEEE sobre comunicaciones inalámbricas”]*, vol. 1, nº 1, págs. 46 a 55, enero de 2002) y conocido como “Optimal power control in interference-limited fading wireless channels with outage-probability specifications” [“Control óptimo de potencia en canales inalámbricos desvanecientes limitados por interferencia, con especificaciones de probabilidad de corte”], que ha sido resuelto por Álvaro López Medrano en su citada solicitud de patente previa, aplicando el procedimiento iterativo de Newton-Raphson (véase H. R. Schwarz, J. Waldvogel “Análisis numérico”, *John Wiley e Hijos*) al control de potencia por lazo externo.

En resumen, el procedimiento de control de potencia por lazo externo propuesto por López Medrano en la anterior solicitud de patente ES 200202947 está basado en el criterio de calidad de la probabilidad de corte (P_{corte}), pero un compromiso final de un lazo externo deber ser el mantener constante una tasa objetivo de errores de bloque (BLER_{objetivo}) que corresponde a un servicio determinado (véanse los documentos de especificaciones del Estándar de Tercera Generación del 3GPP: TS 25.101, ‘UE radio transmission and reception (FDD), section 8.8.1’ [‘Transmisión y recepción de radio de UE (FDD), sección 8.8.1’] y el documento TS 25.104, ‘Base Station (BS) radio transmission and reception (FDD), section 8’ [‘Transmisión y recepción de radio de Estación Base (BS) (FDD), sección 8’]). Por consiguiente, no es posible mantener una probabilidad de corte (P_{corte}) constante para todas las condiciones de propagación, al no permanecer constante la propia tasa de errores de bloque (BLER). Esto es debido a que no existe una relación fija entre la probabilidad de corte (P_{corte}) y la tasa de errores de bloque (BLER), sino que depende precisamente de la condición de propagación en el enlace de radio que esté teniendo lugar en ese momento.

Como el margen de desvanecimiento, que ofrece como resultado el procedimiento de control de potencia por lazo externo descrito en el documento ES 200202947, es función, entre otras variables, de tal probabilidad de corte (P_{corte}), su adaptación dinámica implica cambios en dicho margen. Y en conclusión, la relación deseada entre señal e interferencia objetivo (SIR_{objetivo}) debería poder ajustarse contemplando los cambios del margen de desvanecimiento, para adaptarse el nivel de potencia por el lazo externo a cualesquiera que sean las condiciones de propagación, siendo mínima la potencia a transmitir.

Descripción de la invención

La presente invención viene a resolver, entre otras, la problemática anteriormente expuesta, en todos y cada uno de los diferentes aspectos expuestos en los antecedentes.

El procedimiento y dispositivo de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicaciones móviles que se proponen, especialmente concebidos para tecnologías de tercera generación (3G) basadas en alguno(s) de los protocolos estandarizados del Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), garantizan por un lado un criterio de calidad de servicio (QoS) en términos de una tasa de errores de bloque (BLER) preestablecida y, por otro, son

capaces de adaptarse rápidamente a las condiciones cambiantes del canal radioeléctrico siguiendo un nuevo criterio de calidad, además del anterior (criterio de la BLER), el cual está basado en la probabilidad de corte.

Un aspecto de la invención es pues un procedimiento de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica que, a partir de una señal de datos recibida, procedente de una estación base o móvil, comprende las fases siguientes:

- i) establecer una tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$)
- ii) realizar una estimación de la relación deseada entre señal e interferencia (SIR_{rec}) y de unos parámetros que caracterizan el desvanecimiento en el canal sufrido por la señal recibida,
- iii) estimar unos márgenes de desvanecimiento, mediante el método de Newton-Raphson, a partir de los parámetros de desvanecimiento en el canal y de unas probabilidades de corte,
- iv) determinar el estado de los bloques de datos, a partir de la comprobación del Código de Redundancia Cíclica (CRC),
- v) establecer una relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) para el lazo externo, a partir de dicho estado de los bloques de datos, la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$) y los estimados márgenes de desvanecimiento asociados a las probabilidades de corte consideradas.

La relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) que establece el procedimiento de control de potencia propuesto, aquí denominado "Outage-Based OLPC", se calcula como suma de dos componentes, las cuales llamamos $SIR_{corte-objetivo}$ y $SIR_{BLER-objetivo}$, a través de una función de ajuste dinámico que realiza una correlación entre el criterio de calidad basado en la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$) y otro criterio de calidad, éste basado en las probabilidades de corte.

De esta manera, se satisface la calidad de servicio (QoS) requerida, con el nivel mínimo de potencia necesario, adaptando rápida y dinámicamente la potencia a las condiciones de propagación de la señal de datos, por lo cual, dado que se trata de una tecnología limitada por interferencia, hace que se optimice también la capacidad del sistema.

La función de ajuste dinámico con la que se establece la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) como suma de las dos componentes mencionadas: $SIR_{objetivo} = SIR_{corte-objetivo} + SIR_{BLER-objetivo}$, consiste preferiblemente en una red neuronal.

En el ámbito de esta descripción, se entiende por red neuronal una herramienta para implementar una función genérica parametrizable, a la que se aplican unos pesos y unas compensaciones ("offsets") que representan los parámetros de la función, los cuales se pueden ajustar, lo que se conoce como entrenamiento de una red neuronal, para obtener un cierto comportamiento deseado.

Como es bien sabido, las neuronas de una red neuronal se organizan en capas, definiéndose una capa de neuronas como aquel conjunto de neuronas que comparten unas mismas entradas. Las salidas de una capa de neuronas constituyen las entradas de la siguiente capa.

Dentro de las redes neuronales, las de multicapa son más versátiles que una red con una sola capa (véase Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark H. Beale, "Neural Network Design" ["Diseño de redes neuronales"], PWS Pub. Co., 1ª edición, 1995). Por ejemplo, una red con dos capas, una primera capa sigmoideal y una segunda capa lineal, se puede entrenar para aproximar la mayoría de las funciones arbitrariamente bien. Para el caso que nos ocupa, ésta es la estructura implementada para la red neuronal del procedimiento que establece la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) del lazo externo para el control de potencia:

La red neuronal que se propone cuenta con una primera capa con un número de neuronas que depende del número de probabilidades de corte consideradas y una segunda capa que tiene una sola neurona, al haber una única salida: el valor de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$). Los parámetros de entrada son los márgenes de desvanecimiento calculados para las diferentes probabilidades de corte. Para incorporar el término corrector que corresponde al criterio de calidad basado en la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$), la compensación de la neurona de la capa de salida se hace corresponder con la componente ($SIR_{BLER-objetivo}$) de la relación final deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$).

La otra componente ($SIR_{corte-objetivo}$) es generada mediante la red neuronal descrita y se adapta a las condiciones de propagación cambiantes, por lo que ha de tener un comportamiento de variación rápida.

Para poder permitir esta variación rápida, tal componente ($SIR_{\text{corte-objetivo}}$) debe estar ligada a parámetros de la señal física sobre la que se producen los desvanecimientos, como es, por ejemplo, la probabilidad de corte. No obstante, el objetivo final de calidad es el basado en la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$), por lo que es necesaria esta función parametrizable que efectúa la correlación de los parámetros de señal física, las probabilidades de corte, con parámetros de calidad correspondientes a la tasa de errores de bloque ($BLER$). Por

5 ello, la red neuronal toma como entrada los márgenes de desvanecimiento asociados a diferentes probabilidades de corte. Dichos márgenes pueden ser estimados, según se describe en la solicitud de patente ES 200202947, invirtiendo la función de distribución de la relación deseada entre señal e interferencia recibida (SIR_{rec}) mediante el conocido método de Newton-Raphson.

10 Sin embargo, la adaptación que proporciona la primera componente ($SIR_{\text{corte-objetivo}}$) de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo (SIR_{objetivo}) establecida para el control de potencia por lazo externo no siempre es ideal y no todas las variaciones del canal son tenidas en cuenta. Por lo tanto, el lazo externo no es capaz por sí solo de garantizar el criterio preestablecido de la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{target}}$). Es por esto por lo que, para cubrir comportamientos no ideales se incluye la segunda componente ($SIR_{\text{BLER-objetivo}}$) en la relación deseada entre

15 señal e interferencia objetivo (SIR_{objetivo}) final, que está encargada de asegurar que efectivamente se mantiene la calidad definida por la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$) en el servicio.

Idealmente, esta última componente ($SIR_{\text{BLER-objetivo}}$) se mantendría constante, pues su variación significa que la otra componente ($SIR_{\text{corte-objetivo}}$) de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo (SIR_{objetivo}) no posee el valor adecuado y la causa es que no ha tenido en cuenta correctamente las variaciones del canal. En la práctica, por ello,

20 la componente ($SIR_{\text{BLER-objetivo}}$) presentará pequeñas variaciones a fin de garantizar la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$), pero no será imperativo que responda de forma instantánea a cambios en el canal.

Tanto en el entorno ideal o real simulado en un laboratorio, como en el entorno donde el procedimiento se ejecuta dentro del ámbito de un sistema de comunicaciones inalámbricas existente en la práctica, la red neuronal del procedimiento se somete a entrenamiento cada vez que surgen variaciones en la componente ($SIR_{\text{BLER-objetivo}}$). La citada red neuronal viene definida por los parámetros que ponderan los distintos márgenes y unos determinados valores de compensación. Para su cálculo, se realizan simulaciones de múltiples entornos de propagación donde se

25 obtienen los valores válidos de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo (SIR_{objetivo}) para cada entorno considerado. Esos valores se obtienen considerando como objetivo de calidad la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$) y con ellos se procede a optimizar los parámetros de la red neuronal que minimizan el error de la relación objetivo entre señal e interferencia (SIR_{objetivo}) para todas las condiciones de propagación. De esta manera, se consigue relacionar los dos criterios de calidad considerados: el que se basa en la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$) y el de la probabilidad de corte (P_{corte}).

Los parámetros de la red neuronal se obtienen según datos de simulación, una vez que el procedimiento está siendo ejecutado dentro de un sistema funcionando en un entorno real, ajustándose de forma dinámica para que se

35 cumpla el criterio de calidad dado por la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$) del servicio y además se minimice el consumo de potencia en cada comunicación. Atendiendo a ambos compromisos, se toman como datos de entrada la evolución temporal de la relación deseada entre señal e interferencia recibida (SIR_{rec}) que es medida, así como la tasa de errores de bloque ($BLER$) media obtenida en la comunicación. Con estos datos, se irán ajustando los parámetros de la red neuronal al entorno de cada una de las células de la red móvil.

Como resultado, el procedimiento objeto de la invención permite la utilización de mecanismos de control de potencia para el lazo externo basados en un criterio de calidad diferente al conocido criterio de la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$), proponiendo un criterio basado en la Probabilidad de Corte (P_{corte}), sin merma de la calidad de servicio (QoS) basada en dicha tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{\text{objetivo}}$), pero mejorando las prestaciones del lazo externo, por los motivos que se exponen en la solicitud de patente ES 200202947 ya

45 mencionada.

Otro aspecto de la invención se refiere a un dispositivo de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica, el cual comprende al menos un dispositivo electrónico programable que opera según el procedimiento anteriormente descrito. El dispositivo electrónico programable puede tratarse de un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC)

50 y una formación de compuertas programables en el terreno (FPGA) o cualquier combinación de los anteriores. El procesador de propósito general puede ser preferiblemente un microprocesador u otras alternativas posibles: un procesador convencional, un micro-controlador o cualquier máquina de estados, en general. Incluso, el dispositivo electrónico programable puede constar de una combinación de múltiples microprocesadores, un microprocesador y uno o más dispositivos DSP, o cualquier otra configuración en la que se distribuya la ejecución de las distintas

55 fases, en serie o en paralelo, comprendidas en el procedimiento que se ha descrito.

Optativamente, el dispositivo de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica que se propone puede comprender un receptor de radiofrecuencia capacitado para recibir la señal de datos procedente de una estación base o móvil. Adicionalmente, también se puede incorporar en dicho dispositivo un transmisor de radiofrecuencia capacitado para enviar la información del control de potencia a la estación base o móvil que corresponde. Así, tal dispositivo de control de potencia por lazo externo puede estar incorporado en un controlador de redes de comunicaciones inalámbricas, o bien, en el equipo terminal del usuario o móvil del sistema de comunicaciones inalámbricas.

La invención es aplicable a cualquier sistema de comunicaciones inalámbricas que preste soporte a uno o más estándares del protocolo CDMA, tales como pueden ser los estándares WCDMA, IS-95, CDMA2000, la especificación HDR, etc.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una parte de un sistema de comunicaciones móviles, según se conoce en el estado de la técnica, que incluye los elementos de una infraestructura celular, un terminal móvil del usuario, una estación base y un controlador remoto de la red, relacionados con el objeto de la invención.

La figura 2.- Muestra un diagrama de bloques, conforme al estado de la técnica, de la parte de una estación base o de un móvil que tiene relación con la invención.

La figura 3.- Muestra una representación esquemática de una neurona, el elemento básico a partir del cual y de sus interconexiones se define una red neuronal, de acuerdo a una definición conocida en el estado de la técnica.

La figura 4.- Muestra unos gráficos de algunas posibles funciones que se emplean habitualmente como función de transferencia en una red neuronal.

La figura 5.- Muestra una representación esquemática de la red neuronal de dos capas, con la que se puede implementar el procedimiento de control de potencia por lazo externo de acuerdo al objeto de la invención y según una realización preferente.

La figura 6.- Muestra un modelo genérico de entrenamiento para una red neuronal, según se define en el estado de la técnica de redes neuronales.

La figura 7.- Muestra un diagrama de bloques con los parámetros de entrada y salida del procedimiento de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicaciones móviles, objeto de la invención, al que se ha dado el nombre de "Outage.Based OLPC".

La figura 8.- Muestra un diagrama de bloques del procedimiento de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicaciones móviles, objeto de la invención, ilustrando la descomposición de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) en las dos componentes ($SIR_{corte-objetivo}$, $SIR_{BLER-objetivo}$) que se suman, junto con los parámetros de entrada adecuados.

Realización preferente de la invención

En la Figura 1 está representada una parte (100) de un sistema de comunicaciones móviles de WCDMA. Aparte de la invención, los elementos mostrados en la figura son bien conocidos y no son descritos en detalle. Un elemento de interés es el equipo terminal del usuario o estación móvil (104) que está representada mediante el icono del vehículo; también el sistema de comunicaciones móviles de WCDMA comprende varias estaciones base (102, 103), o Nodos-B en la red del UMTS, que contienen procesadores, memorias, tarjetas de interfaces y programas de software embebidos. Esta parte del sistema incluye un controlador de la red de radio (101) o RNC, "Radio Network Controller", el cual, entre otras funciones, proporciona el procesamiento de llamadas. Las dos estaciones base (102, 103) y la estación móvil (104) son representativas de puntos finales de la interfaz sin cable. Cada estación base (102, 103) está asociada con un controlador de la red de radio (101) a través de unas líneas terrestres (105, 106). En lo que sigue, se asume que la estación móvil (104) está en comunicación con la estación base (102), por medio de la señal de datos (107) del enlace descendente y de la señal de datos (108) del enlace ascendente.

La Figura 2 presenta la parte (200) de ambas estaciones, estación base (102) y móvil (104), la cual incluye los principios en los que se basa esta invención. Los aspectos conocidos de los elementos que aparecen en la

mencionada figura no son tratados, ya que un transmisor (202) y un receptor (203) de radiofrecuencia se describen detalladamente en el estado de la técnica. Tanto la estación base (102) como la móvil (104) contienen un controlador (201), un transmisor (202) y un receptor (203). Así, en el caso de la estación base (102), la señal recibida corresponde al enlace ascendente (108) y, en el caso de la móvil (104), la señal que recibe es la del enlace descendente (107), y ambas llegan al controlador (201) a través del receptor (203). El dispositivo de control de potencia objeto de la invención se incorpora en el controlador (201) y envía a través del transmisor (202) un comando que indica a la estación receptora en ese momento que aumente o disminuya su potencia, según el resultado del procedimiento de control de potencia por lazo externo que se describe a continuación, el cual tiene como fin establecer la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) que actúa como umbral en el lazo cerrado para el control de potencia.

El procedimiento de la invención, el cual aquí se llama "Outage-Based OLPC" por cuanto constituye un control de potencia por lazo externo (OLPC) que garantiza un criterio de calidad en términos de una tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$) y además es capaz de adaptar la potencia rápidamente a las condiciones del canal radioeléctrico, considerando otro criterio de calidad basado en la probabilidad de corte, se desarrolla según unas etapas que tienen lugar en el controlador (201) y que se detallan a continuación.

La presente invención propone que la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) que se proporcione para el lazo externo venga dada como suma de dos componentes: una primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$) y una segunda componente ($SIR_{BLER-objetivo}$), tal que:

$$SIR_{objetivo} = SIR_{corte-objetivo} + SIR_{BLER-objetivo}$$

La primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$) es una función de los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N), calculados previamente mediante el método de Newton-Raphson, u otro aplicable, y asociados a unas probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) consideradas. Por tanto, esta componente ($SIR_{corte-objetivo}$) tiene un comportamiento de variación rápida que le permite adaptarse a condiciones de propagación cambiantes, aunque dicho comportamiento no siempre es ideal, es decir, que no todas las variaciones del canal son tenidas en cuenta por la mencionada ($SIR_{corte-objetivo}$), y por sí sola no garantiza el criterio preestablecido de tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$), si no fuera porque se complementa con la otra componente ($SIR_{BLER-objetivo}$).

La segunda componente ($SIR_{BLER-objetivo}$) cubre los comportamientos no ideales del canal, asegurando que efectivamente se mantiene la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$) para el servicio. Esta componente ($SIR_{BLER-objetivo}$) se mantendría constante en un entorno ideal pero, en la práctica, presentará pequeñas variaciones, no siendo imperativo que responda de forma instantánea a cambios en el canal. Por esto, es necesario mantener en esta componente ($SIR_{BLER-objetivo}$) el procedimiento de salto característico del conocido procedimiento "BLER-based OLPC" (véase de nuevo Sampath A, Kumar P S & Holtzman J M (1997), "On setting reverse link target SIR in a CDMA system", *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference*, Phoenix, Arizona, págs. 929 a 933), el cual precisamente tiene las características de una respuesta lenta pero que es capaz de asegurar exactamente la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$) especificada.

Volviendo ahora a la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$), la cual viene determinada, como ya se ha comentado, por una función de los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) asociados a las distintas probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) consideradas, el hecho de que no se considere una sola probabilidad de corte y, por tanto, un solo margen de desvanecimiento asociado es porque no es posible mantener la probabilidad de corte constante para todas las condiciones de propagación; tampoco sería constante la tasa de errores de bloque (BLER) y, en consecuencia, no se mantendría el objetivo del lazo externo. La anterior discrepancia entre probabilidad de corte y tasa de errores de bloque (BLER) es debido a que no existe una relación constante entre ambos criterios, sino que depende precisamente de la condición de radio que esté teniendo lugar en ese instante.

Seguidamente, se proponen diversas formas de encontrar la función que, a partir de los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N), da como resultado la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$), de modo que el procedimiento "Outage-Based OLPC" satisfaga el criterio de calidad impuesto por la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$), cumpliendo un mínimo consumo de potencia en la transmisión.

Una de las alternativas de realización más sencillas que se pueden proponer es una combinación lineal de los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N), con lo que la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$) es una suma de dichos márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) ponderados o multiplicados por unas adecuadas constantes de márgenes de desvanecimiento (K_1, K_2, \dots, K_N), quedando la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$):

$$SIR_{objetivo} = SIR_{BLER-objetivo} + K_1 \cdot M_1 + K_2 \cdot M_2 + \dots + K_N \cdot M_N \quad (1)$$

Como caso particular, está el procedimiento que se describe en la solicitud de patente ES 200202947, citada como antecedente; en efecto, si en la ecuación anterior se anulan todas las constantes menos una y se toma un único margen de desvanecimiento:

$$k_1 = 1$$

$$k_i = 0 \forall i \neq 1$$

5 nos queda:

$$SIR_{objetivo} = SIR_{corte} + k_1 \cdot M_1$$

Para generalizar el problema a más casos que contemplen todas las condiciones de propagación, involucrando funciones no lineales, utilizaremos redes neuronales como herramienta para la posibilidad de definir tales funciones no necesariamente lineales y que se adaptan a las condiciones de propagación en entornos reales de comunicación.

El modelo de red neuronal que se va a emplear para ilustrar el principio de la invención es el siguiente: la Figura 3 muestra una neurona (300), el elemento básico a partir del cual, y de sus interconexiones, se define una red neuronal. Una neurona (300) genérica presenta N entradas (p_1, p_2, \dots, p_N) que, una vez ponderadas por unos pesos (w_1, w_2, \dots, w_N), se introducen a un sumador (301). Además, al sumador se le aplica una compensación (b) que se suma a las entradas ponderadas de la neurona (300), de tal forma que el valor a la salida (n) del sumador (301) es:

$$n = b + \sum_{i=1}^N w_i \cdot p_i$$

Este valor (n) es el argumento de entrada de una función de transferencia (302) que permite, por ejemplo, introducir los comportamientos no lineales y cuyo resultado es la salida final (a) de la neurona (300). En la Figura 4, se representan gráficamente algunas funciones que se emplean habitualmente como función de transferencia (302): el primer gráfico (401) corresponde a una función de transferencia lineal y el gráfico (402) a una función sigmoideal de tipo tangente hiperbólica.

Una implementación preferente de la función que hace la correlación entre un criterio de calidad basado en las probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) y el criterio de calidad basado en la tasa objetivo de errores de bloque (BLER_{objetivo}), la cual caracteriza el procedimiento de la invención, es la red neuronal (500) mostrada en la Figura 5, con una posible estructura de dos capas. Esta red neuronal (500) presenta N entradas correspondientes con los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) estimados, los cuales, como se ha dicho, están asociados a las probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) y a unos parámetros de desvanecimiento en el canal (706) que caracterizan la señal de datos (107, 108) recibida. Dichos parámetros de desvanecimiento en el canal (706) pueden ser momentos estadísticos tales como los que se consideran en la mencionada solicitud de patente ES 200202947: la desviación típica correspondiente al desvanecimiento log-normal (σ_N), el factor de Rice (K) de la señal deseada y la desviación típica (σ) correspondiente a la distribución que describe las variaciones de las señales interferentes.

La red neuronal (500) comprende al menos una capa de entrada y una única capa de salida, aunque en una posible realización como la ilustrada en la Figura 5, se simplifica también a una sola capa de entrada.

La capa de entrada de la red neuronal (500), o primera capa de neuronas, que denotaremos a través del superíndice 1 en los parámetros que lleve asociados, está compuesta por S neuronas. Cada una de las neuronas tiene una primera etapa compuesta por un sumador (501, 502, 503) con N entradas correspondientes a las N entradas de la red neuronal (500) ponderadas por los pesos (w_{ij}^1) donde i denota el índice de cada entrada y j el índice de cada neurona. Además, cada sumador (501, 502, 503) tiene una compensación (b_j) que se suma a las entradas ponderadas de la neurona, de tal forma que el valor (n_j^1) a la salida de su sumador (501, 502, 503) es:

$$n_j^1 = b_j + \sum_{i=1}^N w_{ij}^1 M_i$$

40

Cada valor (n_i^1) se lleva a una función de transferencia (504, 505, 506) que produce las respectivas salidas (a_j) y que permite, por ejemplo, introducir unos comportamientos no lineales. Dichas salidas (a_j) de la primera capa de neuronas serán las entradas de la siguiente capa de neuronas.

5 El modelo puede extenderse a un número arbitrario de capas de neuronas aunque por simplicidad sólo se muestran dos capas.

El comportamiento y los bloques que conforman la segunda capa de neuronas en la Figura 5 son conceptualmente los mismos que en la primera capa, aunque con algunas particularidades derivadas de que esta sea la capa de salida de la red neuronal (500). Este hecho influye básicamente en tres aspectos. En primer lugar, esta última capa está compuesta por una sola neurona que proporciona la única salida de la red neuronal (500), que es precisamente la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) para el lazo externo. Para que la capa de salida pueda generar los valores requeridos, el rango de salida de la función de transferencia (508) debe ser elegido en consonancia. En el ejemplo propuesto se ha elegido una función lineal con rango de salida infinito. Por último, como ya se ha comentado anteriormente, la compensación aplicada en el sumador (507) de esta neurona de salida se corresponde con el término corrector basado en la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$), esto es, la segunda componente ($SIR_{BLER-objetivo}$) de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) final, que es por tanto:

$$\sum_{j=1}^S w_{1,j}^2 + SIR_{BLER-objetivo} = SIR_{corte-objetivo} + SIR_{BLER-objetivo} = SIR_{objetivo}$$

Hay que tener en cuenta que una característica de la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$) de dicha relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) es que, al contrario que los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) que son utilizados para su cálculo, puede ser negativa.

En la figura 6 se describe el modelo de entrenamiento de una red neuronal genérica (601). Para poder realizar el ajuste de sus parámetros internos, pesos y compensaciones de las diversas neuronas que componen la red neuronal (500, 601) es necesario disponer de un conjunto de datos de entrada (602) y de los objetivos (603) que la red ha de alcanzar para dichas entradas. Existen algoritmos bien conocidos que permiten entrenar a la red minimizando el error (605) entre los valores de salida (604) y los objetivos (603) que ofrece un comparador (606).

En la red neuronal (500) propuesta, será necesario disponer, en entornos de propagación conocidos, de los márgenes (M_1, M_2, \dots, M_N) para las probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) seleccionadas, que se habrán de introducir como datos de entrada, y de la relación deseada entre señal e interferencia ($SIR_{objetivo}$) óptima para cada entorno, a la que se habrá de ajustar la salida de la red neuronal (500). Mediante algoritmos de retro-propagación de errores, se ajustan los pesos (w_i) y las compensaciones (b_i) de todas las capas para minimizar el error a la salida con diferentes condiciones de propagación.

Es fácil comprobar que la solución de combinación lineal planteada inicialmente queda englobada en esta otra como un caso particular. De hecho, incluso el procedimiento de ajuste de coeficientes es muy similar, intentando reducir, en el caso de la combinación lineal, el error a la salida, por ejemplo, por un procedimiento de mínimos cuadrados.

Los datos necesarios para el entrenamiento de la red neuronal (500), se pueden obtener bien mediante simulación o bien por medidas en un entorno controlado con distintas condiciones de propagación. El valor óptimo de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) al que se ha de ajustar la salida de la red neuronal (500) se obtiene considerando como objetivo de calidad una determinada tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$). Ésta es la base de que la red neuronal (500) permita establecer una correlación entre los criterios de calidad, basados respectivamente en dicha tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$) y en las probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$). Además, interesa abarcar la mayor variedad posible de condiciones de propagación para la toma de los datos, con el fin de que se minimice el error global cometido en el mayor número de posibles entornos.

Otra posibilidad que se plantea es que el procedimiento de control de potencia por lazo externo de la invención, operando en un sistema real, puede ajustar los parámetros de su bucle externo para adaptarlos a los entornos donde se encuentran los usuarios a los que se sirve comunicación. Para ello, las variaciones que se miden en la segunda componente ($SIR_{BLER-objetivo}$) de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) dan información de los errores que está cometiendo la red neuronal (500) pues, si fuera perfecta, la mencionada

componente ($SIR_{BLER-objetivo}$) debería permanecer constante en cualquier condición. De hecho, se puede reentrenar la red neuronal (500) basándose en las variaciones de esta componente ($SIR_{BLER-objetivo}$).

Los datos de entrada que utiliza este procedimiento "Outage-Based Outer Loop Power Control (OLPC)", que se propone en esta invención, se definen a continuación utilizando como referencia los bloques del diagrama (700) de la Figura 7:

Primeramente, se realiza una estimación (701) de la relación entre señal e interferencia recibida (SIR_{rec}) por medio de la arquitectura de hardware correspondiente (véase Sáez Ruiz, Juan Carlos: "Una Arquitectura de Hardware para la Estimación de la Relación entre Señal e Interferencia en Sistemas de WCDMA", Departamento de Electrociencia, Digital ASIC, Universidad de Lund). Dentro de esta estimación (701), se incluyen unos parámetros de desvanecimiento en el canal (706) que se consideran oportunos para caracterizar la señal (107, 108) recibida. Por ejemplo, en la solicitud de patente ES 200202947 anteriormente mencionada, los parámetros de desvanecimiento en el canal (706) considerados son: la desviación típica correspondiente al desvanecimiento log-normal (σ_N) y el factor de Rice (K) de la señal deseada, así como la desviación típica (σ_I) correspondiente a la distribución que describe las variaciones de las señales interferentes.

Los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) asociados a los anteriores parámetros de desvanecimiento en el canal (706) son también función de las correspondientes probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) que se consideren y, por tanto, estas probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) constituyen otra de las entradas (702) necesarias para el procedimiento "Outage-Based Outer Loop Power Control (OLPC)" objeto de la invención.

Siguiendo con los bloques de la Figura 7, los datos descodificados de cada trama involucrada en la comunicación pasan a un revisor del CRC (703), el cual determina o indica si la trama ha sido decodificada correctamente o, por el contrario, contiene errores, al comprobar los bits del Código de Redundancia Cíclica (CRC) añadidos al final de la trama de datos. Para cada trama recibida y descodificada, el revisor del CRC (703) proporciona un estado de los bloques de datos (707) que consiste en una trama indicativa de si la trama de datos está adecuadamente descodificada o, porque no lo está, ha sido borrada. Nótese que éste es el principio conocido de funcionamiento del antecedente procedimiento "BLER-based Outer Loop Power Control (OLPC)", en el cual se varía la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) para el lazo externo en correspondencia con el resultado que proporciona dicho revisor del CRC (703).

El procedimiento objeto de esta invención, bautizado aquí como "Outage-Based Outer Loop Power Control (OLPC)" tiene lugar en el bloque (705) y procesa todas las entradas (702, 706, 707) comentadas anteriormente, incluyendo la introducción (704) de la tasa deseada de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$), de la manera que sigue en los siguientes párrafos.

En la Figura 8 se especifican con más detalle los pasos que tienen lugar en el bloque (705) de la Figura 7, es decir, se ilustra una realización preferente del funcionamiento del procedimiento "Outage-Based Outer Loop Power Control (OLPC)" de la invención.

El cómputo (708) o la estimación de los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) correspondientes a las probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) que se consideran como sus parámetros de entrada (702), así como corresponden a los parámetros de desvanecimiento en el canal (706) dados por el estimador (701) de la relación entre señal e interferencia recibida (SIR_{rec}), puede llevarse a cabo basándose en el procedimiento propuesto en la ya mencionada solicitud de patente ES 200202947. Los mencionados márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) constituyen una de las entradas (710) de la red neuronal (500) y son utilizados, junto con la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$), introducida por la entrada (709), para obtener la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$) de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$). Por otra parte, con la introducción (704) de nuevo de la tasa deseada de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$) y del estado de los bloques de datos (707), generado por el revisor de CRC (703), se obtiene la segunda componente ($SIR_{BLER-objetivo}$). Finalmente, ambas componentes se suman y se obtiene la deseada relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) para el control de potencia por lazo externo.

El anterior diseño se ha empleado para describir los principios de la invención; no obstante, otras alternativas, aunque no detalladas aquí, pero que incorporen el mismo espíritu y fin, son posibles. Por ejemplo, aunque la invención ha sido aquí ilustrada mediante bloques funcionales discretos ejecutables en el controlador (201) de una red de comunicaciones inalámbricas, las funciones de cualquiera de estos bloques pueden ser llevadas a cabo usando uno o varios procesadores programados convenientemente.

En la misma línea, la invención es aplicable para otros estándares aparte del WCDMA, así como para el control de potencia de cualquier señal recibida tanto por las estaciones base como por los equipos terminales de los usuarios o estaciones móviles.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un procedimiento de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica que, a partir de una señal de datos (107, 108) recibida, procedente de una estación base (102, 103) o de una estación móvil (104), comprende las fases siguientes:
- establecer una tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$),
- 5 estimar (701) la relación deseada entre señal e interferencia (SIR_{rec}) y unos parámetros de desvanecimiento en el canal (706) que caracterizan la señal (107, 108) recibida,
- estimar unos márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) asociados a unas probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) y a los parámetros de desvanecimiento en el canal (706),
- 10 indicar el estado de los bloques de datos (707) a partir de la comprobación de un Código de Redundancia Cíclica (703),
- caracterizado porque** establece un objetivo relación deseada entre señal e interferencia ($SIR_{objetivo}$) para el lazo externo, en base a dicho estado de los bloques de datos (707), los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) y el error de bloque objetivo ($BLER_{objetivo}$) del lazo externo, por medio de una función de ajuste dinámico que realiza una correlación entre un primer criterio de calidad basado en las probabilidades de corte ($p_{o1}, p_{o2}, \dots, p_{oN}$) asociado a dichos márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) y un segundo criterio de calidad basado en la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$), de modo que se adapte la potencia a las condiciones de propagación de la señal de datos (107, 108) y, para la correlación, la función de ajuste dinámico que genera una primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$) de la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$), adaptada a las condiciones de propagación de la señal de datos (107, 108), y una segunda componente ($SIR_{BLER-objetivo}$), obtenida del estado de los bloques de datos (707) y el error de bloques objetivo ($BLER_{objetivo}$) del lazo externo, aplicando el segundo criterio de calidad, basado en la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$), la función de ajuste dinámico que usa tanto la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$) como la segunda componente ($SIR_{BLER-objetivo}$) para establecer la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) para dicho lazo externo, y al ser ajustada de modo que dicha relación entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) sea adaptada a las condiciones de propagación por medio de la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$), cumpliendo a la vez el segundo criterio de calidad, basado en la tasa objetivo de errores de bloque ($BLER_{objetivo}$).
- 15
- 20
- 25
- 2.- Un procedimiento de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la función de ajuste se realiza mediante una red neuronal (500) que comprende al menos una capa de entrada en la que se introducen los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) para generar la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$) y una capa de salida que, habiéndola entrenado previamente para los márgenes de desvanecimiento (M_1, M_2, \dots, M_N) de entrada junto con el estado de los bloques de datos (707) y el error de bloque objetivo ($BLER_{objetivo}$) del lazo externo, establece la relación deseada entre señal e interferencia objetivo ($SIR_{objetivo}$) para dicho lazo externo, combinando la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$) con la segunda componente ($SIR_{BLER-objetivo}$).
- 30
- 35
- 3.- Un procedimiento de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica, según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la capa de salida de la red neuronal (500) suma la segunda componente ($SIR_{BLER-objetivo}$) a la primera componente ($SIR_{corte-objetivo}$).
- 4.- Un procedimiento de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica, según la reivindicación 3, **caracterizado porque** la red neuronal (500) se entrena cada vez que existen variaciones en la componente ($SIR_{BLER-objetivo}$).
- 40
- 5.- Un dispositivo de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica, **caracterizado porque** comprende al menos un dispositivo electrónico programable que opera según el procedimiento descrito en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
- 45
- 6.- Un dispositivo de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica, según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el dispositivo electrónico programable se selecciona entre un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación y una tarjeta programable o cualquier combinación de los anteriores.
- 7.- Un dispositivo de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica, según las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizado porque** comprende un receptor (203) de radiofrecuencia capacitado para
- 50

recibir una señal de datos (107, 108) procedente de una estación base (102, 103) o de una estación móvil (104) del sistema de comunicación inalámbrica.

- 5 8.- Un dispositivo de control de potencia por lazo externo para sistemas de comunicación inalámbrica, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado porque** comprende un transmisor (202) de radiofrecuencia capacitado para enviar la información del control de potencia a una estación base (102, 103) o a una estación móvil (104) del sistema de comunicación inalámbrica.
- 9.- Un dispositivo de control de potencia por lazo externo en un sistema de comunicación inalámbrica, según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, incorporado en un controlador de redes de comunicaciones inalámbricas.
- 10 10.- Un dispositivo de control de potencia por lazo externo en un sistema de comunicación inalámbrica, según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, incorporado en una estación móvil para sistemas de comunicaciones inalámbricas.

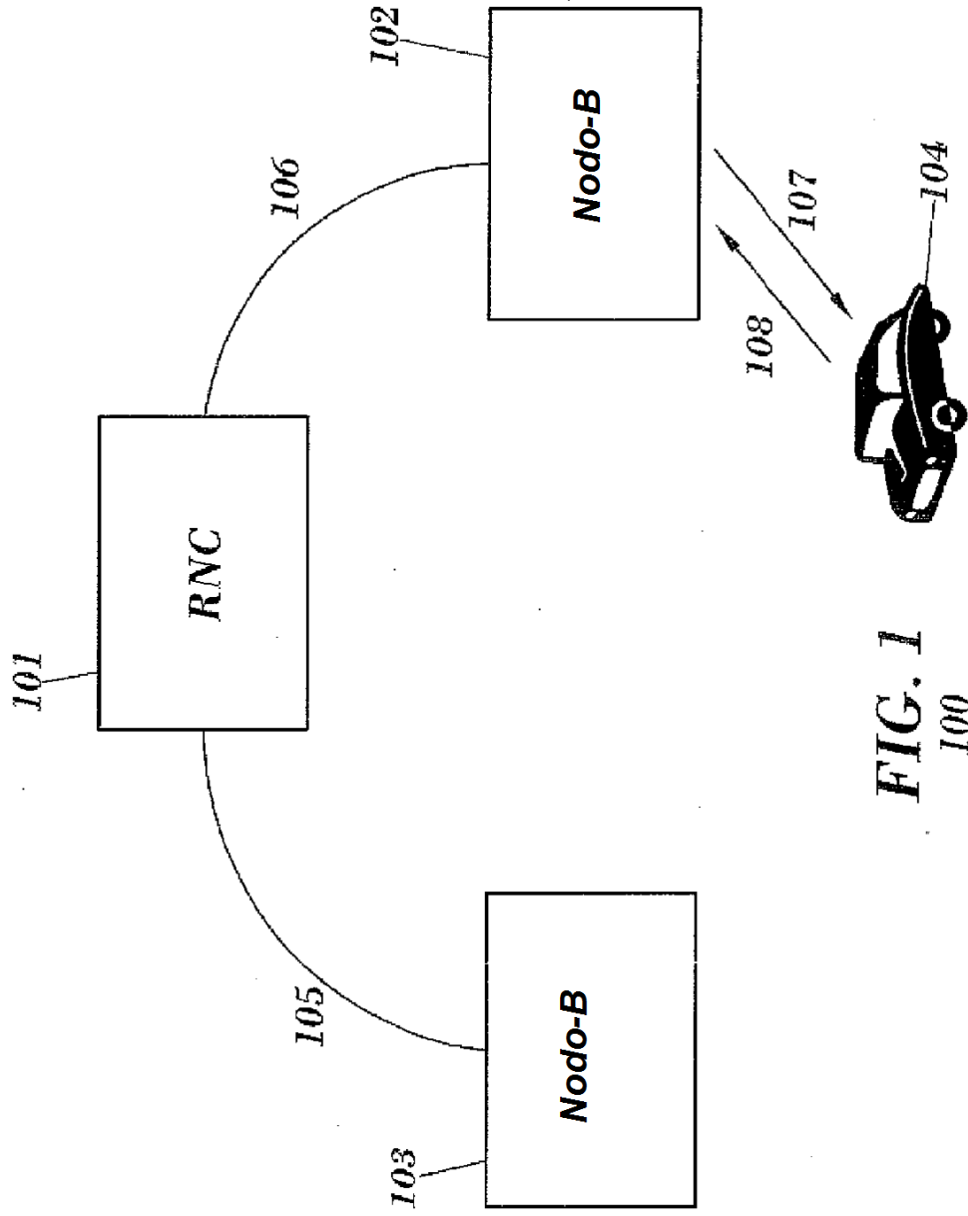


FIG. 1
100

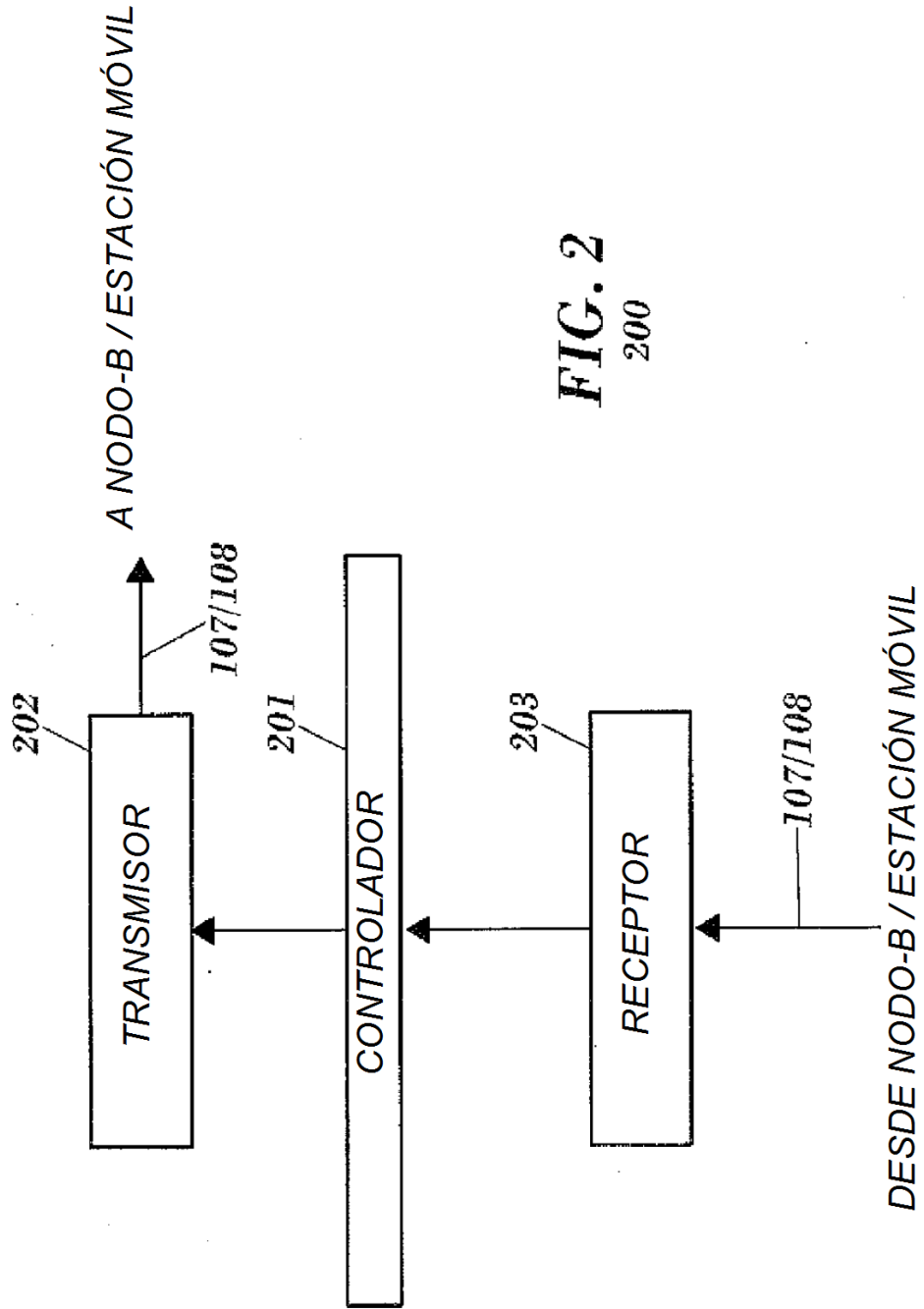


FIG. 2
200

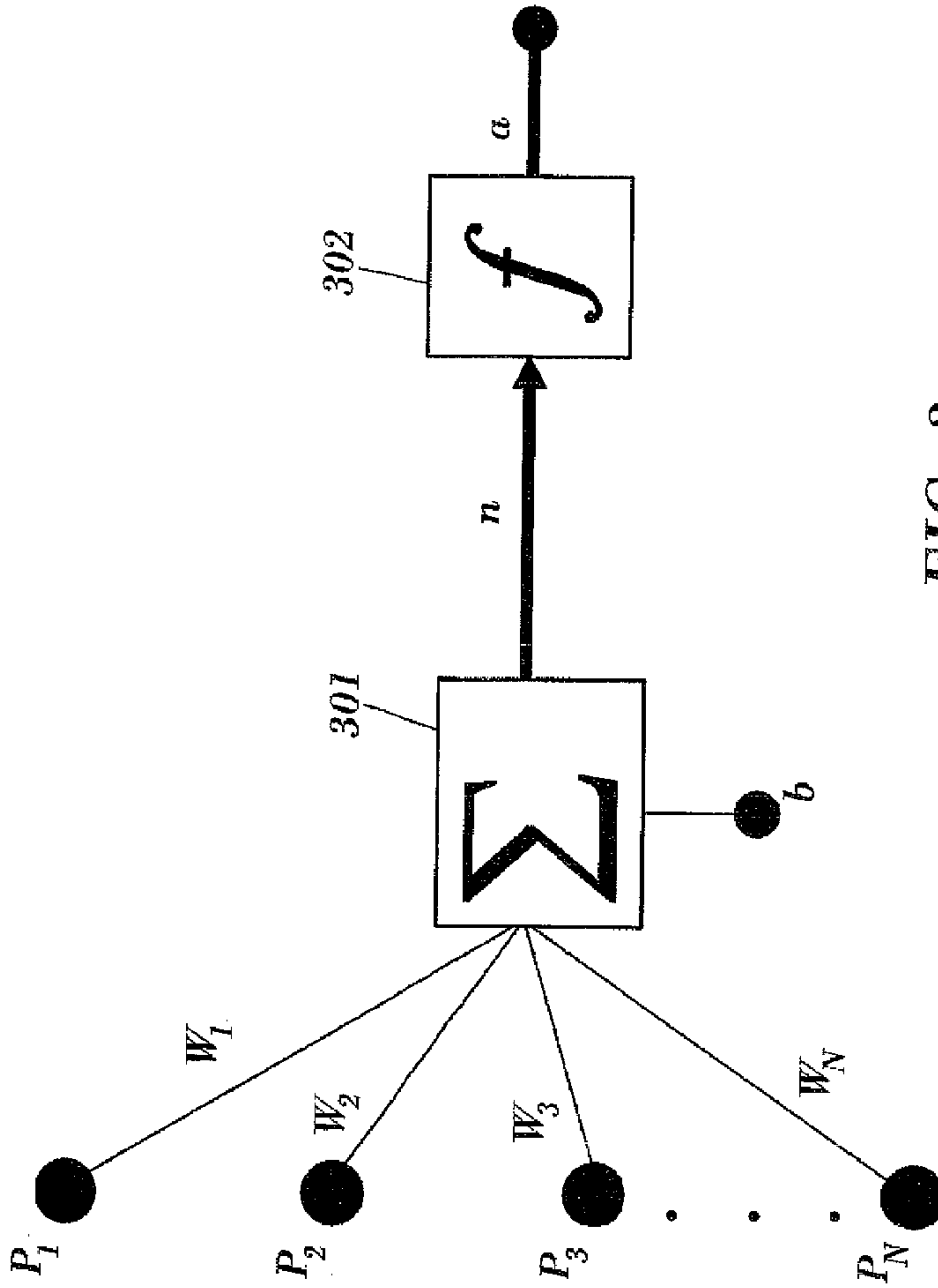
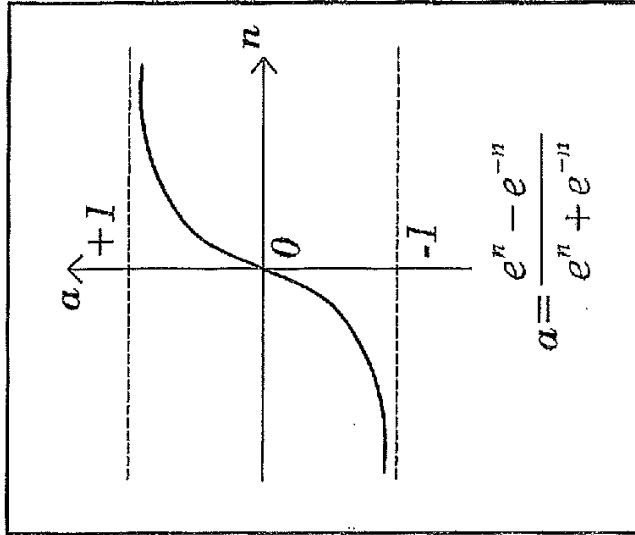
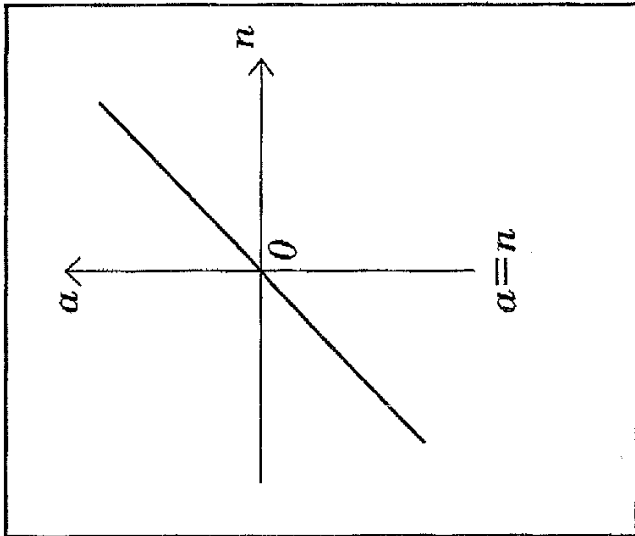


FIG. 3
300



402



401

FIG. 4
400

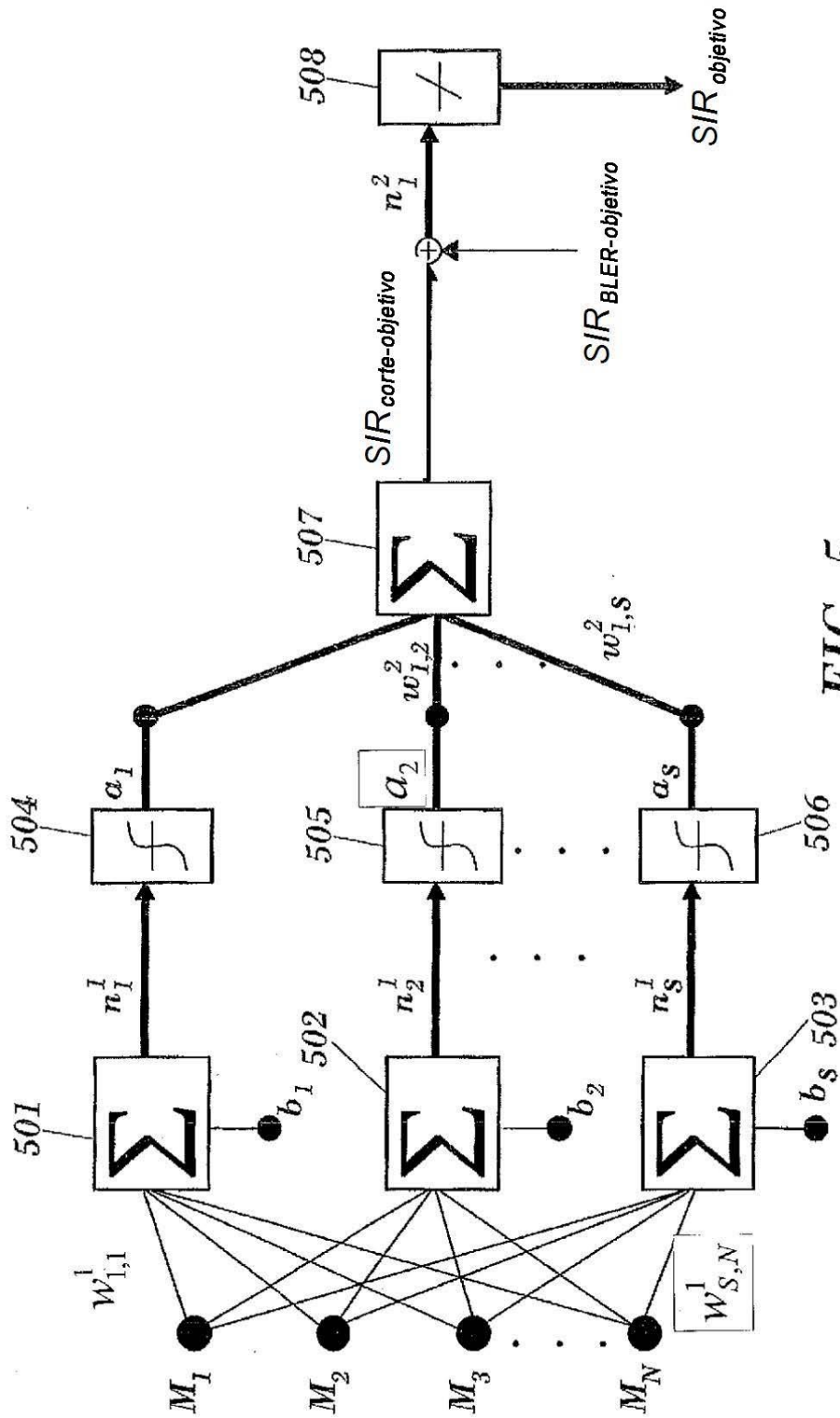


FIG. 5
500

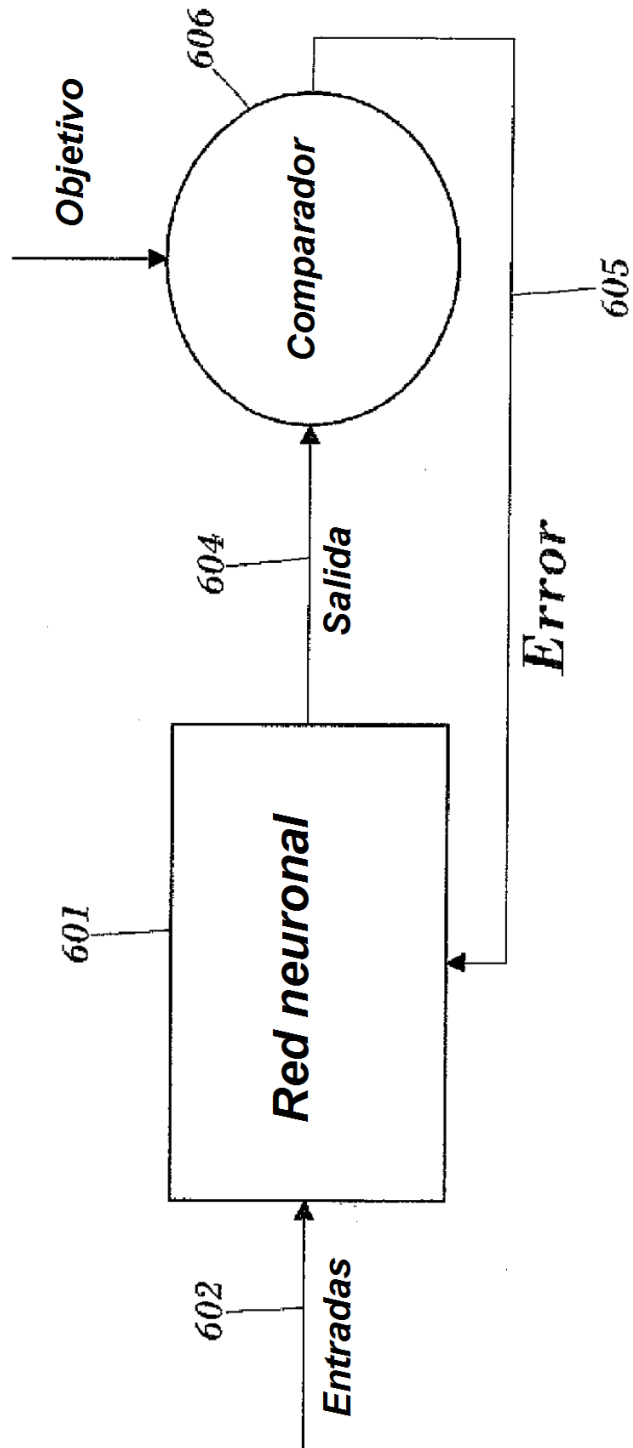


FIG. 6
600

