

MÉTODO Y APARATO PARA LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN UNA RED COOPERATIVA DE CAOS DIGITAL

5 DECLARACIÓN RELATIVA A LA INVESTIGACIÓN O DESARROLLO PATROCINADA FEDERALMENTE

Esta invención se produjo en parte usando los fondos obtenidos a través de una subvención de la Army Small Business Innovation Research. En consecuencia, el gobierno federal tiene ciertos derechos sobre esta invención.

10

CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere generalmente a los sistemas de comunicación inalámbrica y a los sistemas inalámbricos incorporados. En particular, esta invención se refiere a la incorporación de señales digitales e información digital dentro de las formas de onda de caos digital. La invención se refiere
15 además a un sistema de comunicaciones inalámbricas y a sistemas inalámbricos incorporados con agregación de señales múltiples en el transmisor y detección múltiple en el receptor, en donde las señales digitales y la información digital están incorporadas en múltiples formas de onda de caos digital. Además, la invención se refiere a la conexión cooperativa de las señales de caos digital a través de una transmisión inalámbrica.

20

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Un dispositivo de comunicación inalámbrica en un sistema de comunicaciones se comunica directamente o indirectamente con otros dispositivos de comunicación inalámbrica. Para las comunicaciones directa/punto-a-punto, los dispositivos de comunicación inalámbrica sintonizan
25 sus receptores y transmisores en el mismo canal(s) y se comunican a través de tales canales. Para las comunicaciones inalámbricas indirectas, cada dispositivo de comunicación inalámbrica se comunica directamente con una estación base asociada y/o un punto de acceso a través de un canal asignado.

Cada dispositivo de comunicación inalámbrica que participa en las comunicaciones inalámbricas
30 incluye un transceptor de radio incorporado (es decir, un transmisor y un receptor) o se acopla a un transceptor de radio asociado. Típicamente, el transmisor incluye una antena para transmitir las señales de radiofrecuencia (RF), las cuales se reciben por una o más antenas del receptor. Cuando

el receptor incluye dos o más antenas, el receptor selecciona una de las antenas para recibir las señales de RF de entrada. Este tipo de comunicación inalámbrica entre un transmisor con una antena y un receptor con una antena se conoce como una comunicación de única-salida-única-entrada (SISO).

- 5 Los sistemas de comunicaciones bien conocidos proporcionan una extensión de rango en un sistema SISO reduciendo las velocidades de datos y, como un resultado, aumenta la duración de símbolo y/o aumenta la potencia de transmisión. Sin embargo, aumentar la potencia de transmisión puede conllevar a aumentar la interferencia a otros usuarios que comparten la red. El método preferido para una recepción de rango mejorada no conlleva a la disminución de la
- 10 capacidad de la red. Para los sistemas multiportadora populares tales como las WLANs SISO, la mejora de rango se logra tomando una señal 802.11a/802.11g y reduciendo la velocidad de símbolo. Específicamente, 802.11ah es la extensión de rango, una enmienda del estándar de red inalámbrica IEEE 802.11-2007. El objetivo de la enmienda es optimizar la velocidad vs rendimiento de rango de la canalización específica. Un método propuesto para lograr la extensión
- 15 de rango es muestreando la capa física de 802.11a/802.11g en 26 canales. Cuando el reloj de símbolos se divide por 26, cada duración de símbolo es de 104 μ sec y la velocidad correspondiente para cada subportadora es de 12 kbps. Manteniendo iguales los otros parámetros del sistema, (por ejemplo número de portadoras de datos, porcentaje de prefijo cíclico, etc.), se reduce el ancho de banda para una señal, así como la potencia de ruido térmico integrada en el receptor. Por tanto,
- 20 para la misma potencia de transmisión que 802.11a/802.11g, el nivel de ruido térmico disminuye en $10 \cdot \log_{10}(26)$. Esto resulta en una "ganancia" de 14 dB de la sensibilidad del receptor que es equivalente a al menos 5 veces la mejora de rango de una WLAN existente. Se necesita un dispositivo, un sistema y un método de comunicaciones, que aumente el rango de transmisión de las WLAN existentes para aplicaciones específicas sin impactar en la velocidad de datos y que
- 25 añada flexibilidad para dirigirse a nuevos mercados para ambientes de alta conectividad. Una invención adecuada mejoraría las características de transmisión de los dispositivos seleccionados sin aumentar la interferencia de otros sistemas y dispositivos inalámbricos cercanos. Por tanto, se necesita un método para la recepción de rango mejorada que no conlleve a una menor capacidad de la red o a una susceptibilidad aumentada a la interferencia del dispositivo inalámbrico.
- 30 En términos generales, los sistemas de transmisión que cumplen con los estándares IEEE 802.11a y 802.11g o "802.11a/g" así como los estándares 802.11n logran altas velocidades de transmisión de datos usando los símbolos codificados de la Modulación por División de Frecuencias

Ortogonales (OFDM) mapeados hasta una constelación multiportadora de Modulación de Amplitud en Cuadratura 64 (QAM). En sentido general, el uso de OFDM divide el ancho de banda total del sistema en numerosas subbandas o canales de frecuencia, donde cada subbanda de frecuencia se asocia con una subportadora respectiva sobre la cual los datos pueden modularse. Por tanto, cada subbanda de frecuencia del sistema OFDM puede verse como un canal de transmisión independiente dentro del cual se envían los datos, aumentando de este modo el rendimiento total o la velocidad de transmisión del sistema de comunicaciones. De manera similar, puede usarse el sistema de espectro ensanchado multicódigo que comprende códigos de dispersión de caos de alta velocidad perfectamente ortogonales que transportan los datos modulados independientemente para aumentar su rendimiento total o la velocidad de transmisión del sistema SISO. Las “señales de dispersión” de alta velocidad pertenecen a la clase de señales denominadas Pseudo Ruido (PN) o señal pseudoaleatoria. Esta clase de señales poseen buenas propiedades de autocorrelación y correlación cruzada de manera que las secuencias de PN diferentes son casi ortogonales entre sí. Las propiedades de autocorrelación y correlación cruzada de estas secuencias de PN permiten que la señal que porta la información original se difunda en el transmisor.

Los transmisores usados en los sistemas de comunicación inalámbrica que cumplen con los estándares 802.11a/802.11g/802.11n antes mencionados así como otros estándares tales como el Estándar IEEE 802.16a, realizan típicamente una codificación de símbolo OFDM multiportadoras (que puede incluir una codificación de corrección de errores y entrelazado), convierten los símbolos codificados en el dominio en el tiempo usando las técnicas de la Transformada de Fourier Rápida Inversa (IFFT), y realizan la conversión digital a analógica y la elevación de la radiofrecuencia convencional (RF) en las señales. Estos transmisores transmiten luego las señales moduladas y elevadas después de una amplificación de potencia apropiada hacia uno o más receptores, resultando en una señal de dominio de tiempo de velocidad relativamente alta con una alta relación de pico-a-promedio (PAR).

Los transmisores usados en los sistemas de comunicación inalámbrica de espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS) tales como los que cumplen con los estándares de comunicaciones comerciales WCDMA y CDMA 2000 realizan una dispersión a alta velocidad de los bits de datos después de la corrección de errores, el entrelazado y antes del mapeo de símbolos. Después de esto, la señal digital se convierte a analógica y se convierte la frecuencia usando métodos de elevación de RF convencionales. Las señales combinadas para todas las señales DSSS se amplifican en potencia apropiadamente y se transmiten a uno o más receptores.

De igual manera, los receptores usados en los sistemas de comunicación inalámbrica que cumplen con los estándares antes mencionados 802.11a/802.11g/802.11n y 802.16a IEEE incluyen típicamente una unidad de recepción de RF que realiza un filtrado y una reducción de RF de las señales recibidas (que puede realizarse en una o más etapas), y una unidad de procesamiento en

5 banda base que procesa los símbolos codificados OFDM que portan los datos de interés. La forma digital de cada símbolo OFDM presentado en el dominio de frecuencia se recupera después de la reducción de banda base, de la conversión convencional analógica a digital y de la Transformación Rápida de Fourier de la señal de dominio de tiempo recibida. Mientras, los receptores usados para la recepción de DSSS deben redistribuir la señal alta después de la reducción de banda base para

10 restablecer la banda de la señal de información original, pero producen una ganancia de procesamiento igual a la relación entre la señal de alta velocidad y la señal que porta la información. Después de esto, el procesador de banda base realiza la demodulación y la ecualización en el dominio de frecuencia (FEQ) para recuperar los símbolos transmitidos, y estos símbolos se procesan luego con un decodificador FEC apropiado, por ejemplo un decodificador

15 Viterbi, para estimar o determinar la identidad más probable del símbolo transmitido. El flujo de símbolos recuperado y reconocido se decodifica luego, lo que puede incluir el desentrelazado y la corrección de errores usando cualquiera de numerosas técnicas de corrección de errores conocidas, para producir un conjunto de señales recuperadas correspondientes a las señales originales transmitidas por el transmisor.

20 Para aumentar adicionalmente el número de señales que pueden propagarse en el sistema de comunicaciones y/o compensar el efecto perjudicial asociado a los diversos trayectos de propagación, y para mejorar de este modo el rendimiento de la transmisión, se conoce el uso de múltiples antenas de transmisión y recepción dentro de un sistema de transmisión inalámbrica. Tal sistema se refiere comúnmente a un sistema de transmisión inalámbrica de múltiples-entradas,

25 múltiples-salidas (MIMO) y se proporciona específicamente en el estándar IEEE 802.11n y el estándar Avanzado 3GPP LTE. Como se conoce, el uso de la tecnología MIMO produce un aumento significativo de la eficiencia espectral, el rendimiento y la fiabilidad del enlace, y estos beneficios aumentan generalmente a medida que aumenta el número de antenas de transmisión y recepción dentro del sistema MIMO.

30 En particular, adicional a los canales de frecuencia creados cuando se usa OFDM, un canal MIMO formado por las diversas antenas de transmisión y recepción entre un transmisor particular y un receptor particular incluye numerosos canales espaciales independientes. Como se conoce, un

sistema de comunicaciones MIMO inalámbrico puede proporcionar un rendimiento mejorado (por ejemplo, una capacidad de transmisión mejorada) usando las dimensionalidades adicionales creadas por estos canales espaciales para la transmisión de datos adicionales. Por supuesto, los canales espaciales de un sistema MIMO de banda ancha pueden experimentar diferentes condiciones del canal (por ejemplo, diferentes efectos de desvanecimiento y multitrayecto) a través de todo el ancho de banda del sistema y puede lograr de este modo diferentes relaciones de señal a ruido (SNRs) a diferentes frecuencias (es decir, en diferentes subbandas de frecuencia OFDM) de todo el ancho de banda del sistema. En consecuencia, el número de bits de información por símbolo de modulación (es decir, la velocidad de datos) que puede transmitirse usando las diferentes subbandas de frecuencia de cada canal espacial para un nivel particular de rendimiento puede diferir de una subbanda de frecuencia a la otra. Mientras que la señal DSSS ocupa toda la banda del canal, el número de bits de información por símbolo de modulación (es decir, la velocidad de datos) puede transmitirse usando la secuencia DSSS diferente para cada canal espacial para un nivel particular de rendimiento.

En el sistema de comunicaciones MIMO-OFDM que usa un esquema típico, una Relación de Potencia Pico-a-Promedio (PAPR) puede estar provocada por una modulación multiportadoras. Es decir, debido a que los datos se transmiten usando múltiples portadoras en el esquema MIMO-OFDM, las señales OFDM finales tienen amplitudes obtenidas sumando las amplitudes de cada portadora. La alta PAPR resulta cuando las fases de la señal portadora se añaden de manera constructiva (diferencia de fase cero) o de manera destructiva ($\pm$ diferencia de fase 180). Particularmente, las señales OFDM tienen una mayor relación pico-a-promedio (PAPR) a menudo denominada relación de potencia pico-a-promedio (PAPR) al igual que las señales de una única portadora. La razón es que en el dominio del tiempo, una señal de múltiples portadoras es la suma de muchas señales de banda estrecha. En algunas instancias de tiempo, esta suma es grande y otras veces es pequeña, lo que implica que el valor máximo de la señal es sustancialmente mayor que el valor promedio. De manera similar, los esquemas MIMO-DSSS pueden tener una alta PAPR para una secuencia periódica o secuencia de valor binario; sin embargo las secuencias de dispersión del caos no exhiben ninguna de estas características y de este modo tienen mejor rendimiento de PAPR para las operaciones SISO y MIMO.

La dependencia continuamente en aumento en las formas inalámbricas SISO y especialmente MISO de las comunicaciones crea problemas de fiabilidad y privacidad. Los datos deberían transmitirse de manera fiable desde un transmisor a un receptor. En particular, la comunicación

debería ser resistente al ruido, a la interferencia, y posiblemente a la interceptación por las partes no intencionadas.

En los últimos años ha existido un interés que aumenta rápidamente en los sistemas de comunicaciones por impulso de radio (IR) de ancho de banda ultraancho (UWB). Estos sistemas hacen uso de pulsos de duración ultracorta que producen señales de ancho de banda ultraancho caracterizadas por densidades espectrales de potencia extremadamente baja. Los sistemas UWB-IR son particularmente prometedores para las comunicaciones inalámbricas de corto alcance, ya que combinan una complejidad reducida con un bajo consumo de potencia, una baja probabilidad de detección (LPD), inmunidad al desvanecimiento por trayectos múltiples, y capacidades multiusuario. Los sistemas de comunicaciones UWB-IR actuales emplean codificación de ruido pseudoaleatorio (PN) para propósitos de canalización y una modulación de posición de pulso (PPM) para codificar la información binaria.

Otros han propuesto una secuencia de pulsos periódicos en el contexto del sistema de comunicaciones basado en caos. El trabajo adicional se ha basado en las propiedades de autosincronización de dos sistemas caóticos. En tal sistema, los datos se modulan en trenes de pulsos que usan demoras de tiempo variables y que puede decodificarse por un receptor coherente que tiene un generador caótico que coincide con el generador usado en el transmisor. Tal sistema se conoce en la técnica como un esquema de Modulación de Posición de Pulso Caótica (CPPM).

Dichos sistemas dinámicos caóticos se han propuesto para abordar el problema de la privacidad de la comunicación. Las señales caóticas exhiben un espectro amplio continuo y se han estudiado junto con las aplicaciones de espectro ensanchado. La naturaleza irregular de una señal caótica hace que sea difícil su interceptación y decodificación. En muchos casos, una señal caótica no se distingue del ruido y la interferencia para los receptores que no tienen conocimiento de la señal caótica utilizada para la transmisión. En el contexto de los sistemas UWB, el uso de códigos no periódicos (caóticos) mejora las características del espectro ensanchado del sistema eliminando las características espectrales de la señal transmitida. Esto resulta en una menor probabilidad de interceptación/detección (LPI / LPD) y posiblemente en una menor interferencia a otros usuarios. Esto hace que los sistemas de comunicación basados en caos sean atractivos.

Sigue existiendo la necesidad de métodos de codificación/modulación caóticos mejorados para producir dichos sistemas de comunicación atractivos. Una técnica anterior, la patente de Estados Unidos núm. 6.882.689, presentada el 15 de abril de 2005 de Maggio y otros, intenta mejorar la codificación caótica usando un método de codificación/modulación pseudocaótico que explota la

dinámica simbólica de un mapa caótico en el transmisor para codificar los datos. El método usa la dinámica simbólica como una descripción "genérica" de la evolución de un sistema dinámico. El espacio de estado está particionado y se asocia un símbolo con cada partición. La invención de Maggio usa una trayectoria del sistema dinámico y lo analiza como un sistema simbólico. Un transmisor preferido de la técnica anterior de Maggio acepta datos digitales para la codificación y los datos digitales se asignan a estados simbólicos de acuerdo con un mapa caótico utilizando un registro de desplazamiento para aproximar el mapa de desplazamiento de Bernoulli que actúa como un código de convolución con un número de estados igual a los estados simbólicos definidos en el mapa caótico. Los datos pseudocaóticamente codificados se convierten a analógicos y se modulan a tramas de sincronización en una señal transmitida.

La técnica anterior de Maggio tiene limitaciones en cuanto a que usa solamente un mapa de caos (por ejemplo, mapa de desplazamiento de Bernoulli), que se genera en base a los datos transmitidos. Al limitar el mapeo al desplazamiento de Bernoulli, la información que se repite en cada transmisión o símbolo de repetición puede reconocerse después de observar la forma de onda durante un período de tiempo prolongado. Una vez comprometido, todos los datos futuros serán detectables y decodificables por un sistema hostil.

Otro sistema de la técnica anterior que describe un método de codificación/modulación caótico se describe en la Solicitud de Estados Unidos núm. 13/190.478 ("la patente '478"), que se inventó por el inventor de la presente y se incorpora en la presente como referencia en su totalidad. El sistema de la solicitud '478 describe un sistema, dispositivo y método para transmitir datos de manera inalámbrica a través de secuencias de dispersión de caos digital. El sistema de la solicitud '478 describe cómo construir y almacenar una secuencia de código de dispersión de caos digital en una memoria volátil tanto en el transmisor como en el receptor. El sistema de la solicitud '478 elimina la necesidad de generar una secuencia de código de dispersión de caos digital en el receptor. La información correspondiente a la secuencia de dispersión de caos utilizada para transmitir la información digital es recibida por el receptor para identificar qué secuencia de código de dispersión de caos se usará para recuperar la información codificada. El sistema de la solicitud '478 elimina aún más la dependencia del mapa de desplazamiento de Bernoulli, y por lo tanto describe un sistema que es menos detectable por un sistema hostil.

Si bien el sistema de la solicitud '478 soluciona muchos de los problemas en la técnica anterior, el sistema tiene una aplicabilidad limitada para los sistemas SISO. El receptor descrito en la solicitud '478 detecta y procesa un flujo de datos para un único usuario incluso en presencia de otros

usuarios o de una interferencia externa. Por lo tanto, la solicitud '478 no sería útil para sistemas de transmisión que procesen conjuntamente una pluralidad de señales detectadas en el receptor. Por ejemplo, el procesamiento conjunto de múltiples señales permite una mayor capacidad y también una mejor recepción de un sistema MIMO.

- 5 En general, el problema fundamental en la comunicación inalámbrica radica en la manera eficiente y fiable en que los datos pueden transmitirse a través de un canal. El sistema de comunicación móvil multimedia de próxima generación, que se ha investigado activamente en los últimos años, requiere un sistema de comunicación de alta velocidad capaz de procesar y transmitir diversas formas de información, como imágenes y datos inalámbricos, a diferencia de un sistema de comunicación inicial que proporciona un servicio basado en voz.

10 Entonces, de acuerdo con la técnica anterior, se necesita un sistema y un método que no sacrifiquen la velocidad de datos en favor del rango, proporcione una mayor robustez, al tiempo que mejora la LPI/LPD. Se necesita además un sistema y método que muestre las mismas mejoras positivas en un sistema que detecta y recibe señales múltiples.

15

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención describe las mejoras que no se encuentran en la técnica anterior. En un aspecto, la invención describe un método de conexión cooperativa de señales de caos digital a través de una transmisión inalámbrica, que comprende:

- 20 a. recibir una pluralidad de señales de datos distintas en un lado de recepción, en donde cada una de dicha pluralidad de señales de datos distintas está modulada con una secuencia de caos distinta en un lado de transmisión, en donde la modulación de cada una de dicha pluralidad de señales de datos distintas en el transmisor se realiza usando una base de datos de secuencia de caos digital generada que tiene una pluralidad de secuencias de caos digital, en donde el método para
- 25 generar la base de datos de secuencia de caos digital comprende registrar una forma de onda uniforme que tenga una dinámica no lineal, almacenar en memoria intermedia la forma de onda uniforme registrada, muestrear un número fijo de muestras para un factor de dispersión particular de dicha forma de onda uniforme almacenada, almacenar una cantidad variada de grupos de números fijos de muestras para que un factor de dispersión particular forme las entradas de la base
- 30 de datos de secuencias de caos digital, de manera que los grupos de números fijos de muestras para un factor de dispersión particular son distintos con una baja correlación cruzada entre los grupos, y luego procesar todos los grupos de números fijos de muestras usando el proceso Gram-Schmidt,

- b. demodular cada una de la pluralidad de señales de datos distintas en el lado de recepción para extraer una pluralidad de señales de datos de usuario distintas,
- c. verificar que al menos una de las señales de datos de usuario distintas esté dirigida hacia el lado de recepción, procesar al menos una de las señales de datos de usuario distintas en
5 dependencia de si al menos una de las señales de datos de usuario distintas está dirigida a un grupo distinto de lados de recepción de una pluralidad de grupos de lados de recepción, en donde la pluralidad de grupos de lados de recepción incluye el lado de recepción que recibe la pluralidad de señales de datos distintas como miembro de un grupo,
- d. verificar que una pluralidad de la pluralidad extraída de señales de datos de usuario distintas
10 no se dirija al lado de recepción,
- e. agregar la pluralidad de la pluralidad extraída de señales de datos de usuario distintas no dirigidas al lado de recepción para crear nuevas señales de datos agregadas compuestas por una agregación de la pluralidad extraída de señales de datos de usuario distintas no dirigidas al lado de recepción, en donde la pluralidad de señales de datos de usuarios distintas en los lados de
15 recepción son señales procesadas de manera conjunta para combatir los efectos del medio inalámbrico y la interferencia mutua para mejorar la detección de todas las señales de datos de usuarios distintos activos,
- f. transmitir la pluralidad agregada de la pluralidad extraída de señales de datos de usuario distintas no dirigidas al lado de recepción, en donde la transmisión está alineada en el tiempo, y se retransmite por un medio inalámbrico en la siguiente oportunidad de transmisión (Txop) o dentro
20 del tiempo especificado por un protocolo tolerante al retardo y a la interrupción conocido en el lado de recepción.

En otro aspecto, la invención comprende un método de conexión cooperativa de señales de caos digital por una transmisión inalámbrica, que comprende:

- a. recibir una señal de datos agregada que tiene una pluralidad de señales de datos distintas que contienen señales de datos de usuario distintas que se originan a partir de una pluralidad de usuarios, en donde cada una de la pluralidad de señales de datos distintas está modulada con una secuencia de caos distinta en un lado de transmisión,
- b. demodular cada una de dicha pluralidad de señales de datos distintas en el lado de recepción
30 para extraer las señales de datos de usuario distintas, la modulación de la señal de datos se realiza usando una base de datos de secuencia de caos digital generada, en donde la generación de la secuencia de caos digital comprende, registrar una forma de onda uniforme con dinámica no lineal

- en una memoria, almacenar en memoria intermedia la forma de onda uniforme, muestrear un número fijo de muestras para un factor de dispersión particular de dicha forma de onda uniforme almacenada en memoria intermedia, almacenar una cantidad variada de grupos de números fijos de muestras para un factor de dispersión particular para formar las entradas de la base de datos, de manera que los grupos de números fijos de muestras para un factor de dispersión particular son distintos con una baja correlación cruzada entre los grupos, y luego procesar todos los segmentos de grupos usando el proceso Gram-Schmidt, operando de manera coordinada para mejorar la capacidad general de la red para todos los usuarios que comparten el medio inalámbrico, en donde dichas señales de datos de usuario distintas extraídas no dirigidas al lado de recepción se agregan, se alinean en el tiempo y se retransmiten a través del medio inalámbrico en la siguiente oportunidad de transmisión (Txop) o dentro del tiempo especificado por un protocolo tolerante al retardo y a la interrupción conocido en el lado de recepción.
- c. procesar las señales de datos de usuario distintas extraídas de acuerdo con la pertenencia o no pertenencia a una clase de un grupo particular.
- En aún otro aspecto, la invención describe un método de conexión cooperativa de señales digitales de caos a través de una transmisión inalámbrica, que comprende:
- a. recibir una señal de datos en un lado de recepción, en donde la señal de datos se modula con una secuencia de caos distinta en un lado de transmisión,
- b. demodular la señal de datos en el lado de recepción para extraer una señal de datos de usuario distinta, la modulación de la señal de datos se realiza usando una base de datos de secuencia de caos digital generada, en donde la generación de la secuencia de caos digital comprende, registrar una forma de onda uniforme que tiene una dinámica no lineal en una memoria, almacenar en memoria intermedia la forma de onda uniforme, muestrear un número fijo de muestras para un factor de dispersión particular de dicha forma de onda uniforme almacenada en memoria intermedia, almacenar una cantidad variada de grupos de números fijos de muestras para un factor de dispersión particular para formar las entradas de la base de datos, de manera que los grupos de números fijos de muestras para un factor de dispersión particular son distintos con una baja correlación cruzada entre los grupos, y luego procesar todos los segmentos de grupos usando el proceso de Gram-Schmidt,
- c. procesar las señales de datos de usuario distintas extraídas de acuerdo con la pertenencia o no pertenencia a una clase de un grupo particular, y

d. procesar las señales de datos de usuario distintas extraídas para operar de manera coordinada sobre el medio inalámbrico de manera que se imita la transmisión desde una fuente de origen común y mejora la capacidad general de la red para todos los usuarios activos hacia al menos un segundo receptor para que, en donde dicha señal se procese, las señales de datos del usuario distintas extraídas no dirigidas al segundo receptor se agreguen, se alineen en el tiempo y se retransmitan a través del medio inalámbrico en la siguiente oportunidad de transmisión (Txop) o se especifiquen en el tiempo por un protocolo tolerante al retardo y a la interrupción conocido en el lado de recepción.

En aún otro aspecto, la invención describe un sistema, dispositivo y método para la transmisión inalámbrica de una pluralidad de datos usando distintas secuencias de dispersión de caos digital para los datos de transmisión inalámbrica cooperativa. En un aspecto, la invención describe la construcción y el almacenamiento de una pluralidad de secuencias de códigos de difusión de caos digital.

En otro aspecto de la invención, la forma de onda del caos digital se elige en función de la aplicación prevista. Por ejemplo, la transmisión de la velocidad de bits de información extremadamente baja dentro de la señal de potencia incorporada en la alta velocidad de bits y la señal de alta potencia requieren secuencias de código de difusión de caos digital caracterizadas por la autocorrelación máxima de la unidad, baja autocorrelación de los lóbulos laterales, la correlación cruzada muy baja y la amplitud de espectro muy amplia con densidad espectral extremadamente baja. La familia de formas de onda de caos digital en particular, incluye por ejemplo el mapeo de Bernoulli, el sistema de Chen o el mapa de Ikeda.

En otro aspecto de la invención, una pluralidad de códigos de dispersión de caos digital contruidos se almacena en una memoria volátil.

Dentro de un único grupo, la memoria volátil incluye asignaciones para almacenar las secuencias de dispersión de caos digital múltiples contruidas con una longitud N. Las asignaciones de memoria de caos digital pueden dividirse en M grupos de igual cantidad de subsecuencias de códigos de dispersión de caos digital de longitud N. A los usuarios se les asigna un ID de grupo que indexa la memoria almacenada. Los grupos pueden indexarse en un orden secuencial. El ordenamiento secuencial puede ser un orden conocido, tal como un ordenamiento formal de números naturales (por ejemplo, 1, 2, 3, ...). Sin embargo, el ordenamiento no necesita ser consecutivo. El único requerimiento para el número de índice para el usuario actual es que este ordena el grupo $p^{\text{ésimo}}$ de ubicaciones de memoria asociadas al ID del grupo p almacenadas tanto

en el transmisor como en el receptor de manera tal que proporcione una correspondencia de uno a uno entre la secuencia de códigos de dispersión de caos digital seleccionada en el transmisor y el índice detectado y recuperado en el receptor.

5 En aún otro aspecto, la invención describe una carga útil de datos en la que cuando se incluyen preámbulos y cuando se incluyen midámbulos, estos se construyen de manera que se puedan detectar múltiples señales incorporadas en una o más ubicaciones sin interferencia con el rendimiento nativo de cada señal constituyente. La carga útil de los datos puede estar compuesta por al menos una señal encapsulada de caos no digital y al menos una señal encapsulada de caos digital que es parte de un protocolo de red cooperativa. El preámbulo y midámbulo también se
10 construyen repitiendo la secuencia de caos digital de la señal volteando una copia de la secuencia de caos digital en el siguiente período del símbolo.

En aún otro aspecto, la invención describe un sistema transmisor que incluye una memoria volátil que almacena una pluralidad de secuencias de caos digital.

En aún otro aspecto, la invención muestra un sistema receptor que incluye una memoria volátil que
15 almacena una pluralidad de secuencias de caos digital.

En aún otro aspecto, la invención describe un sistema para transmitir datos usando una secuencia de dispersión de caos digital.

En otro aspecto, la invención describe un método para incorporar información de control en preámbulos y midámbulos medios para una red en función de la amplitud relativa durante el
20 período de replicación. La información de control se transmite utilizando una secuencia de caos digital preseleccionada.

En aún otro aspecto, la invención describe un método para seleccionar una forma de onda de caos digital para su uso en una secuencia de dispersión de caos digital.

En aún otro aspecto, la invención describe un método para incorporar múltiples señales de
25 comunicación dispares dentro de formas de onda de comunicación de caos digital que se originan a partir de un subsistema de una única antena. El método de acuerdo con este aspecto puede incluir un elemento de múltiples antena para introducir una baja probabilidad de interceptación (LPI) y una baja probabilidad de detección (LPD), una relación de pico a promedio reducida (PAPR) y una mayor capacidad del sistema de red.

30 La presente invención describe un sistema, dispositivo y método para la transmisión inalámbrica de una agregación de datos a través de una multiplicidad de una secuencia de dispersión de caos digital. En un aspecto, la invención describe el uso de una pluralidad de secuencias de códigos de

5 difusión de caos digital construidas y almacenadas a priori para la agregación de datos de señales digitales e información digital dentro de múltiples formas de onda de caos digital. En el contexto de esta invención, la agregación de datos es cualquier método o técnica en la que varios flujos de datos diferentes, ya sea para un usuario único o múltiples usuarios, se recopilan o agregan y se procesan juntos en una única carga útil en un transmisor o receptor. Los ejemplos incluyen, pero no se limitan a, secuencias de dispersión de caos múltiples asignadas a un único usuario para aumentar su velocidad de transmisión a través de al menos una antena de transmisión; un esquema de red cooperativa mediante el cual todos los usuarios recibidos dentro de un período de tiempo específico se detectan juntos, se reenvían juntos (es decir, se sincronizan) como una única carga útil aumentada a través de al menos una antena de transmisión.

10 En otro aspecto de la invención, se elige una pluralidad de formas de onda de caos digital en función de la aplicación u operación prevista. Por ejemplo, se puede elegir una pluralidad de formas de onda de caos digital de acuerdo con las características tales como la autocorrelación pico de la unidad, la baja autocorrelación de los lóbulos laterales, la correlación cruzada muy baja y PAPR baja en el transmisor para aumentar la capacidad mediante la detección simultánea múltiple de la señal digital y la información digital con múltiples formas de onda de caos digital.

15 En otro aspecto de la invención, una pluralidad de códigos de dispersión de caos digitales construidos se almacenan en una memoria volátil. Los códigos de dispersión del caos digital construidos pueden almacenarse en el transmisor y en el receptor.

20 En otro aspecto de la invención, dentro de un único grupo, la memoria volátil puede incluir grupos distintos o ubicaciones de memoria para almacenar una secuencia de dispersión de caos digital construida de una longitud N. La secuencia de dispersión de caos digital puede dividirse en M número de grupos de caos digital que difunden las subsecuencias de código. A los usuarios se les asigna un ID de grupo que indexa la memoria almacenada. Los grupos pueden indexarse en un orden secuencial. El ordenamiento secuencial puede ser un orden conocido, tal como un ordenamiento formal de números naturales (por ejemplo, 1, 2, 3, ...). Sin embargo, el ordenamiento no necesita ser consecutivo. El único requerimiento para el número de índice para el usuario actual es que este ordena el grupo $p^{\text{ésimo}}$ de ubicaciones de memoria asociadas al ID del grupo p almacenadas tanto en el transmisor como en el receptor de manera tal que proporcione una correspondencia de uno a uno entre la secuencia de códigos de dispersión de caos digital seleccionada en el transmisor y el índice detectado y recuperado en el receptor.

25

30

En aún otro aspecto, la invención describe una carga útil de datos cuando se incluyen preámbulos y cuando se incluyen midámbulos, estos se construyen de manera que se puedan detectar múltiples señales incorporadas en una o más ubicaciones sin interferencia con el rendimiento nativo de cada señal constituyente. La carga útil de datos puede estar compuesta de al menos una señal PAPR alta y al menos otra señal que es parte de un protocolo de red común. El preámbulo y el midámbulo también pueden construirse repitiendo la secuencia de caos digital de signo volteando una copia de la secuencia de caos digital en el siguiente período de símbolo.

En otro aspecto, la invención describe una carga útil de datos en donde cuando se incluyen preámbulos y cuando se incluyen midámbulos, estos se construyen de manera que la carga útil de datos puede aumentarse para la inclusión de un campo de señal y un delimitador de símbolos dentro de cada una de las señales digitales e información digital dentro de múltiples formas de onda de caos digital de manera que el tiempo de llegada de cada señal constituyente, y parte de las señales digitales agregadas se pueda identificar con precisión y fiabilidad. Un campo de señal que detalla el modo operativo del receptor contiene al menos una información sobre la longitud de la señal digital e información digital de los datos de transmisión y la velocidad del mismo. Además, un campo de señal comprendido contiene información de paridad para la detección y la protección contra errores de otra información dentro del campo de señal.

En aún otro aspecto, la invención describe un sistema transmisor con una carga útil aumentada como se describió anteriormente.

En aún otro aspecto, la invención muestra un sistema receptor con una carga útil aumentada.

En aún otro aspecto, la invención describe un sistema para transmitir una multitud de señales digitales e información digital con múltiples formas de onda de caos digital.

En aún otro aspecto, la invención describe un sistema para recibir una multitud de señales digitales e información digital con múltiples formas de onda de caos digital.

En aún otro aspecto, la invención describe un sistema receptor capaz de detectar cada tiempo de llegada de la señal con la carga útil aumentada de la multitud de señales digitales e información digital con múltiples formas de onda de caos digital.

En aún otro aspecto, la invención describe un sistema receptor capaz de procesar cada campo de señal de la multitud de señales digitales e información digital con múltiples formas de onda de caos digital y de configurar el subsistema receptor restante para recuperar cada señal digital e información digital con múltiples formas de onda de caos digital.

En aún otro aspecto, la invención describe un método para mejorar la detección multiusuario como se describió anteriormente, en donde la multitud recibida de señales digitales e información digital con múltiples formas de onda de caos digital se somete a un proceso para separar la señal digital transmitida agregada y la información digital en flujos proyectados en el espacio nulo de todos los usuarios, excepto él mismo. Esta partición se realiza para cada una de las señales digitales identificadas y la parte de información digital de la señal digital transmitida agregada recibida y la información digital antes del procesamiento por el subsistema de dispersión.

En aún otro aspecto, la invención describe un método para agregar e incorporar múltiples señales de comunicación dispares dentro de formas de onda de comunicación de caos digital que se originan desde múltiples antenas. No es necesario que los elementos de antena del sistema de antenas múltiples se ubiquen juntos, sino que trabajen en cooperación para introducir una baja probabilidad de interceptación (LPI) y una baja probabilidad de detección (LPD), una relación pico-a-promedio (PAPR) reducida y una capacidad del sistema de red incrementada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS.

Puede obtenerse una comprensión más completa de la presente invención haciendo referencia a las diversas modalidades de la invención descritas en las descripciones detalladas y a los dibujos y figuras en los cuales los números iguales denotan elementos iguales, y en los cuales:

La Figura 1 es un sistema de transmisión inalámbrico de múltiples-entradas-múltiples-salidas (MIMO) ilustrativo que puede usarse con las diversas modalidades de la invención;

La Figura 2 es un sistema de transmisión inalámbrico de única-entrada-múltiples-salidas (SIMO) ilustrativo que puede usarse con las diversas modalidades de la invención;

La Figura 3 es otro sistema de transmisión inalámbrico de única-entrada-múltiples-salidas (SIMO) ilustrativo que puede usarse con las diversas modalidades de la invención;

La Figura 4 es otro sistema de transmisión inalámbrico MIMO ilustrativo que puede usarse con las diversas modalidades de la invención;

La Figura 5 es otro sistema de transmisión inalámbrico MIMO ilustrativo que puede usarse con las diversas modalidades de la invención;

La Figura 6 es un transmisor inalámbrico ilustrativo de acuerdo con varias modalidades de la invención;

La Figura 7 es un receptor inalámbrico ilustrativo de acuerdo con varias modalidades de la invención;

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un método ilustrativo para la construcción de una secuencia de caos digital de acuerdo con varias modalidades de la presente invención;

La Figura 9 es un proceso de sincronización receptor ilustrativo de acuerdo con varias modalidades de la presente invención;

- 5 La Figura 10 es una modalidad ilustrativa de la formación de paquetes de acuerdo con varias modalidades de la presente invención;

La Figura 11 es una modalidad ilustrativa del subsistema procesador de espacios vacíos de la invención;

- La Figura 12 representa una disposición de celdas o grupos típica 900 que puede usarse para describir las modalidades ilustrativas de la presente invención; y

La Figura 13 es una modalidad ilustrativa de una disposición de grupos 1300 que tiene el grupo A, el grupo B, y el grupo C.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 15 La breve descripción de las modalidades ilustrativas y el mejor modo de la invención en la presente hacen referencia a los dibujos y diagramas de flujo adjuntos. Aunque estas modalidades ilustrativas se describen con suficiente detalle para permitir a los expertos en la técnica practicar la invención, debe entenderse que pueden realizarse otras modalidades y que pueden realizarse cambios lógicos y mecánicos sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. Por lo tanto, la descripción en la presente se presenta solo con fines ilustrativos y no limitativos. Por ejemplo, las etapas enumeradas en cualquiera de las descripciones de procesos o métodos pueden ejecutarse en cualquier orden y no se limitan al orden presentado.

- La presente invención se puede describir aquí en términos de componentes de bloques funcionales y diversas etapas de procesamiento. Debería apreciarse que tales bloques funcionales pueden realizarse por cualquier número de componentes de hardware y/o software configurados para realizar las funciones especificadas. Por ejemplo, la presente invención puede emplear diversos componentes de circuito integrado (IC) (por ejemplo, elementos de memoria, elementos de procesamiento, elementos lógicos, tablas de consulta, y similares), que pueden llevar a cabo una variedad de funciones bajo el control de uno o más microprocesadores u otros dispositivos de control. De manera similar, los elementos de software de la presente invención pueden implementarse con cualquier lenguaje de programación o de scripts, como C, C ++, Java, COBOL, ensamblador, PERL o similares, donde los diversos algoritmos se implementan con cualquier

combinación de estructuras de datos, objetos, procesos, rutinas u otros elementos de programación. Además, debe observarse que la presente invención puede emplear cualquier número de técnicas convencionales para la transmisión de datos, señalización, procesamiento de datos, control de red y similares. Además, la invención podría usarse para detectar o prevenir problemas de seguridad con un lenguaje de secuencias de comandos, tal como JavaScript, VBScript o similares. Para una introducción básica de la criptografía, revise un texto escrito por Bruce Schneider que se titula "Applied Cryptography: Protocols Algorithms, And Source Code In C," publicado por John Wiley & Sons (segunda edición, 1996), que se incorpora en la presente como referencia.

Debe apreciarse que las implementaciones particulares que se muestran y describen en la presente son ilustrativas de la invención y su mejor modo y no pretenden limitar de otro modo el alcance de la presente invención de ninguna manera. De hecho, en aras de la brevedad; puede que no se describan en detalle en la presente la transmisión inalámbrica de datos convencionales, el transmisor, los receptores, los moduladores, la estación base, los conceptos de transmisión de datos y otros aspectos funcionales de los sistemas (y componentes de los componentes de operación individuales de los sistemas). Además, las líneas de conexión que se muestran en las distintas figuras contenidas en la presente tienen por objeto representar relaciones funcionales ejemplares y/o acoplamientos físicos entre los diversos elementos. Debe notarse además que muchas relaciones físicas funcionales adicionales o alternativas o conexiones físicas pueden estar presentes en un sistema de transmisión de archivos o transacción electrónica práctica.

Como lo apreciará un experto medio en la técnica, la presente invención puede considerarse como un método, un sistema de procesamiento de datos, un dispositivo para el procesamiento de datos, y/o un producto de programa por computadora. En consecuencia, la presente invención puede tomar la forma de una modalidad completamente de software, una modalidad completamente de hardware, o una modalidad que combina aspectos de software y hardware. Además, la presente invención puede tomar la forma de un producto de programa informático en un medio de almacenamiento legible por computadora que tiene un código de programa legible por computadora que está incorporado en el medio de almacenamiento. Se puede utilizar cualquier medio de almacenamiento legible por computadora adecuado, incluidos discos duros, CD-ROM, dispositivos de almacenamiento óptico, dispositivos de almacenamiento magnético y/o similares.

Para simplificar la descripción de la modalidad ilustrativa, la invención se describe como capaz de usarse con sistemas de única-entrada-única-salida (SISO) y de múltiples antenas de recepción, tales como, sistemas de transmisión inalámbrica de única-entrada-múltiples-salidas (SIMO), múltiples-

entradas-única-salida (MISO), y múltiples-entradas-múltiples-salidas (MIMO). Por ejemplo, la invención también se puede usar con sistemas SISO DSSS y sistemas MIMO DSSS.

Se apreciará también que podrían formularse muchas aplicaciones de la presente invención. Por ejemplo, la presente invención podría usarse para facilitar cualquier medio de comunicación inalámbrico convencional. Además, debe apreciarse que la red descrita en este documento puede incluir cualquier sistema para intercambiar datos o realizar transacciones comerciales, tales como Internet, una intranet, una extranet, WAN, WLAN, WPAN, HAN, redes Ad hoc, redes móviles Ad hoc (MANET), comunicaciones por satélite (SATCOM), y/o similares.

La Figura 1 es un diagrama de bloques ilustrativo de un sistema inalámbrico MIMO 100 con el que se puede usar la invención. El sistema inalámbrico MIMO ilustrativo 100 puede estar compuesto por el transmisor 102 para recibir una fuente de datos 101 (señal de información 101) y transmitir la fuente de datos 101 a un receptor 104 a través de un canal de transmisión 116. El transmisor 102 puede incluir un divisor de señal 104 para recibir la fuente de datos 101 y dividir la fuente de datos 101 en flujos distintos de la fuente de datos 101. Cada uno de los flujos distintos de la fuente de datos 101 puede recibirse independientemente por, y codificarse por, múltiples codificadores 106a-n. El transmisor 102 puede incluir moduladores de caos múltiples 108a-n para recibir la fuente de datos codificada y la modulación de caos de la fuente de datos codificada para producir múltiples señales de fuentes de datos moduladas caóticamente. Cada una de las señales de fuente de datos codificadas se modula digitalmente y se dispersa usando un código de dispersión de caos digital. En una modalidad, cada señal de fuente de datos codificada se modula digitalmente y se dispersa con un código de dispersión de caos digital recuperado a partir de una memoria de secuencia de caos digital tal como se analiza más completamente a continuación. En otra modalidad ilustrativa, el transmisor 102 puede no incluir un divisor 104. Alternativamente, la fuente de datos 101 puede proporcionarse a los codificadores 106a-n.

Las múltiples señales de fuentes de datos moduladas caóticamente pueden entonces mapearse espacialmente (por ejemplo, distribuirse en múltiples canales espaciales) mediante el mapeador espacial 110. Las múltiples señales de fuentes de datos moduladas caóticamente mapeadas espacialmente pueden entonces proporcionarse a sistemas osciladores de radiofrecuencia múltiples 112a-n antes de transmitir las señales de la fuente de datos moduladas de caos múltiples mapeadas espacialmente a través de una comunicación de los múltiples canales espaciales 116 a través de antenas múltiples 114a-n.

Las múltiples señales de fuentes de datos moduladas caóticamente mapeadas espacialmente pueden ser recibidas por el receptor 104 en múltiples antenas 118a-n. Las múltiples señales de fuentes de datos moduladas caóticamente mapeadas espacialmente pueden recuperarse del canal 116 utilizando múltiples sistemas de recepción de radiofrecuencia 120a-n. El sistema receptor de RF 120a-n puede recuperar la señal de la fuente de datos modulada caóticamente sumada a partir de la señal transmitida por el canal 116. Por ejemplo, el sistema receptor de RF 120a-n puede recuperar la señal de la fuente de datos modulada caóticamente sumada a partir de la señal transmitida por el canal 116 usando cualquier método convencional para recuperar una señal de datos de un canal inalámbrico como se encuentra en la técnica. Por ejemplo, el sistema receptor de RF 120a-n puede recuperar la señal transmitida reduciendo la señal transmitida al formato analógico de banda base y convirtiendo la señal analógica de banda base en señal discreta de banda base.

El receptor 104 puede incluir además un ecualizador MIMO 122 para separar las múltiples señales de fuentes de datos moduladas caóticamente mapeadas espacialmente producidas por el canal. El ecualizador MIMO 122 puede separar las señales de canal de acuerdo con las estimaciones de cada amplitud de canal y las características de fase asociadas con cada recorrido de trayecto por la señal de la fuente de datos modulada y mapeada espacialmente para producir las señales moduladas de banda base recibidas. Las señales moduladas de banda base recibidas pueden demodularse en caos mediante múltiples demoduladores de caos 124a-n de acuerdo con el canal de señal de la fuente de datos. Las señales de la fuente de datos demoduladas de múltiples caos pueden decodificarse entonces mediante múltiples decodificadores 126a-n. Las múltiples señales de la fuente de datos demoduladas de caos decodificadas pueden fusionarse luego mediante una fusión de señales 128 para combinar las múltiples señales de la fuente de datos en una sola señal fusionada. En una modalidad, la señal fusionada puede ser una copia de la fuente de datos 101. El receptor 104 puede proporcionar la señal fusionada a un consumidor de datos 130.

El divisor 104, los codificadores 106a-n, el mapeador espacial 110, el ecualizador MIMO 122, los decodificadores 126a-n, la fusión de señal 128 y los sistemas osciladores de RF 112a-n, el sistema de recepción de RF 120a-n pueden ser de construcción y operación convencionales como se encuentra en la técnica. La operación y construcción de los moduladores de caos 108a y los demoduladores 124a-n se detallan más completamente a continuación.

La Figura 2 es un ejemplo de una modalidad de un sistema de transmisión inalámbrico SIMO 200 con el que se puede usar la invención. Como se muestra en la Figura 2, el receptor 104 se

comunica con un transmisor 202 que tiene una única antena 214. El transmisor 202 contiene elementos similares a los que se encuentran en el transmisor 102, que tienen una operación similar a la descrita anteriormente. Por ejemplo, el divisor 204, los codificadores 206a-n, los moduladores de caos 208a-n, el sistema oscilador de RF 212 y la antena 214 tienen una construcción y funcionamiento similares a los descritos con respecto al divisor 104, a los codificadores 106a-n, los moduladores de caos 108a-n, los sistemas osciladores de RF 112a-n, los sistemas de recepción de RF 120a-n y las antenas 114a-n. Particularmente, la fuente de datos 201 (señal de información 201) se divide en distintos flujos de fuente de datos. Los múltiples flujos distintos de la fuente de datos son recibidos por múltiples codificadores 206a-n para producir múltiples señales de la fuente de datos codificadas. Los moduladores de caos múltiples 208a-n pueden recibir y modular caóticamente las señales de fuentes de datos codificadas para producir múltiples señales de fuente de datos moduladas en caos. Cada una de las señales de fuente de datos codificadas se modula digitalmente y se dispersan usando un código de dispersión de caos digital. En una modalidad, cada señal de la fuente de datos codificada se dispersa modulada digitalmente con un código de dispersión de caos digital recuperado de una memoria de secuencia de caos digital tal como se analiza más completamente a continuación.

Las múltiples señales de fuentes de datos moduladas caóticamente pueden sumarse luego en un sumador de señal 210 antes de ser suministradas a un sistema oscilador de RF 212. El transmisor 202 puede entonces transmitir la señal de la fuente de datos modulada caóticamente sumada a través de una antena 214. El transmisor 202 puede transmitir la señal de la fuente de datos modulada caóticamente sumada a través de un canal de comunicación 216. La señal de la fuente de datos modulada caóticamente puede ser recibida por el receptor 104 en las antenas 118a-n. La señal de la fuente de datos modulada caóticamente sumada puede ser recibida por múltiples sistemas receptores de RF 120a-n. El sistema receptor de RF 120a-n puede recuperar la señal de la fuente de datos modulada caóticamente sumada a partir de la señal transmitida por el canal 216, de manera similar a la descrita con respecto a la Figura 1. El ecualizador de caos 218 puede recibir las múltiples señales de fuentes de datos moduladas caóticamente sumadas y reensamblar la señal de la fuente de datos de acuerdo con los paquetes transmitidos.

La Figura 3 es otro ejemplo de otro sistema de transmisión inalámbrica SIMO 300 con el que se puede usar la invención. De acuerdo con el sistema de transmisión inalámbrica SIMO 300, el transmisor 202 tiene una descripción y operación similares descritas con respecto a la Figura 2, el receptor 304 tiene una operación y descripción similares a las descritas en la Figura. 2. El receptor

304 de la Figura 3 puede proporcionar las múltiples señales de la fuente de datos demoduladas en caos decodificadas a múltiples receptores de datos 103a-n, que pueden estar en ubicaciones distintas y separadas.

En las modalidades alternativas, el receptor 304 puede comprender múltiples receptores independientes donde cada receptor puede incluir un demodulador de caos 124. De manera similar, el transmisor 202 puede comprender múltiples transmisores independientes, donde cada transmisor incluye un modulador de caos 208a-n.

La Figura 4 describe un sistema de transmisión inalámbrica MIMO 100 con más detalle. Como se indicó previamente, los moduladores de caos 108a-n modulan caóticamente la señal de la fuente de datos para producir múltiples señales de fuente de datos moduladas en caos. Como se muestra en la Figura 4, el modulador de caos 108a-n puede incluir un mapeador de símbolos 402a y un esparcidor de caos 404a. En algunas modalidades, el modulador de caos 108a-n puede no incluir un mapeador de símbolos 402a-n. El mapeador de símbolos 206a-n puede ser un mapeador de símbolos convencional que incluye componentes transmisores convencionales tales como un aleatorizador, un codificador diferencial, un generador de símbolos o similares. El mapeador de símbolos 206a-206n transmite adicionalmente las señales respectivas al esparcidor de caos 404a-n. El esparcidor de caos 404a-n puede modular la señal de la fuente de datos usando una secuencia de códigos de expansión de caos digital formada usando un método incluido en la Figura 8. El modulador de caos 108a puede modular caóticamente la señal de la fuente de datos antes que la señal de la fuente de datos se mapee espacialmente (mapeador espacial 402) y se eleve (sistemas osciladores de RF 112a-n) antes de transmitirse al receptor 104 a través de las antenas 114a-n.

De acuerdo con la Figura 4, el receptor 104 recibe la señal de la fuente de datos transmitida por el transmisor 102. Las señales de la fuente de datos pueden reducirse en los sistemas receptores de RF 120a-n y proporcionarse al ecualizador MIMO 122. El ecualizador MIMO 122 separa las señales de la fuente de datos de acuerdo con los canales espaciales (es decir, el canal 111) y recupera los símbolos transmitidos y proporciona los demoduladores de caos de las señales 124a-n. En una modalidad del receptor 104, los demoduladores de caos 124a-n pueden incluir un demapeador de símbolos 46a-n y un reductor de caos 408a-n. En una modalidad, los demoduladores de caos 124a-n pueden no incluir un demapeador de símbolo 402a-n. El reductor de caos 408a-n usa un código de secuencia de caos digital para unificar la señal de la fuente de datos como se indica a continuación. La señal chaos unificada puede entonces ser un símbolo

demapeado por un demapeador de símbolos 406a-n para recuperar los flujos distintos transmitidos de la señal de la fuente de datos.

La Figura 5 es otra modalidad del transmisor 102, como se muestra, el transmisor 102 puede no incluir un divisor 104. En esta modalidad, el transmisor 102 puede no incluir un mapeador espacial 110. Alternativamente, la fuente de datos 101 puede proporcionarse a los codificadores 106a-n. En aún otra modalidad, la señal de la fuente de datos 101a-n puede dispersarse en un esparcidor de caos 404a-n y proporcionarse a los sistemas osciladores de RF 112a-n antes de transmitirse al receptor 104. El receptor 104 procesa la señal de la fuente de datos recibida de manera similar a la descrita con respecto a la Figura 4.

La Figura 6 representa otra modalidad ilustrativa de un transmisor 102 que es útil con la invención. De acuerdo con la Figura 6, el transmisor 102 incluye un codificador de canal 106, un mapeador de símbolos 402, un multiplexor 604, un sistema oscilador de RF 112 en donde el multiplexor 604, el codificador de canal 106, el mapeador de símbolos 402, el multiplexor 604 y el sistema oscilador de RF 112 son elementos tradicionales que se encuentran en la técnica anterior. Como tal, su construcción y operación no se describen aquí por brevedad.

El transmisor 102 recibe la señal de la fuente de datos 101 y el canal codifica la secuencia en el codificador de canal 106. La señal de la fuente de datos 101 puede ser bits, símbolos o formas de onda analógicas muestreadas. Una secuencia de código de dispersión de caos, cuya construcción se describe a continuación con respecto a la Figura 8, se almacena en la memoria de secuencia de códigos de dispersión de caos 606. En las modalidades alternativas de la invención, la secuencia de código de dispersión de caos puede usarse como una secuencia de dispersión de caos sin codificación de la señal de la fuente de datos. La dispersión del caos puede ocurrir sin la codificación del canal. La dispersión del caos transforma el bit, el símbolo o la forma de onda analógica de muestra en una forma de onda de caos digital con información integrada (datos integrados) en la amplitud y fase de la forma de onda de caos digital.

De acuerdo con la presente invención, el modulador de caos 108 usa la secuencia de dispersión de caos en la generación de una carga útil de datos que tiene preámbulos y midámbulos. Los preámbulos y midámbulos pueden construirse de modo que se puedan detectar múltiples señales integradas en una o más ubicaciones sin interferencia con el rendimiento nativo de cada señal constituyente. La carga útil de los datos puede estar compuesta por al menos una señal modulada caóticamente y al menos otra señal (modulada caóticamente o no) que es parte de un protocolo de red cooperativo. El preámbulo y midámbulo también pueden construirse repitiendo la secuencia de

caos digital de signo volteando una copia de la secuencia de caos digital en el siguiente período de símbolo extendido.

En una modalidad ilustrativa, la carga útil de datos incluye preámbulos y midámbulos que pueden construirse de modo que la carga útil de datos puede aumentarse para la inclusión de un campo de
5 señal y un delimitador de símbolos dentro de cada una de las señales digitales agregadas. La carga útil de datos aumentada puede incluir información digital dentro de múltiples formas de onda de caos digital de manera que el tiempo de llegada de cada señal constituyente, y de parte de las señales digitales agregadas se pueda identificar con precisión y fiabilidad. Una porción de campo de señal instruye al receptor sobre al menos una información de longitud de la señal digital y la
10 información del esquema de la velocidad de datos para la carga útil restante. Además, el campo de la señal puede contener información de paridad para la protección y la detección de errores de otra información dentro del campo de señal.

Durante el funcionamiento del modulador de caos 108, la señal de la fuente de datos se extiende con la secuencia de expansión de caos almacenada en la memoria de secuencia de caos 606
15 usando, por ejemplo, el esparcidor 602. La secuencia de dispersión del caos puede usarse para la generación del preámbulo 608 y del midámbulo 610. La carga útil generada por el modulador de caos 108 puede aumentarse para incluir el delimitador de símbolos 612 y el campo de señal 614 como se describe con respecto a la Figura 10.

La Figura 6 representa cualquiera de los moduladores de caos 108 (o modulador de caos 208) con
20 más detalle. De acuerdo con la Figura 6, el transmisor 108 puede incluir un codificador de canal 106 y un mapeador de símbolos 402 con una operación similar a la descrita anteriormente. El modulador de caos 108 puede incluir mezcladores 602, 616, un multiplexor 604, un sistema oscilador de RF 112, y una antena 114 que son elementos tradicionales que se encuentran en la técnica anterior. Como tal, su construcción y operación no se describen aquí por brevedad.

25 Durante el funcionamiento, el transmisor 102 recibe una señal de la fuente de datos en el codificador 106, cuyo canal codifica la señal de la fuente de datos. Las señales de la fuente de datos pueden ser cualquier información que porte señales tales como bits, símbolos o formas de onda analógicas muestreadas.

Una secuencia de expansión de caos, cuya construcción se describe a continuación con respecto a
30 la Figura 8, se almacena en la memoria de secuencia de dispersión del caos 606. En las modalidades alternativas de la invención, la secuencia de dispersión del caos puede usarse como una secuencia de dispersión sin codificar la señal de información. La dispersión del caos

transforma el bit, el símbolo o la forma de onda analógica de muestra en una forma de onda de caos digital con información integrada (datos integrados) en la amplitud y fase de la forma de onda de caos digital.

Las secuencias de caos digital almacenadas en la memoria de secuencia de caos 606 se construyen de acuerdo con el método de generación de secuencia de caos digital 800 de la Figura 8. La secuencia de código de dispersión de caos digital puede construirse registrando un circuito de caos analógico nativo. Alternativamente, la secuencia de caos digital puede construirse registrando dinámicas no lineales simuladas por computadora determinista y segmentando la señal registrada. (Etapa 802) Los segmentos grabados se muestrean de manera tal que las muestras sucesivas parecen ser independientes, y los segmentos de una longitud predefinida y una cantidad variable tienen baja correlación cruzada. (Etapa 804) Las muestras pueden almacenarse en la memoria. (Etapa 806) La frecuencia de muestreo o el período de muestreo pueden variar o ser irregulares, pero el número de muestras tomadas se fija para un factor de dispersión particular y puede ser cualquier número de muestras para el factor de dispersión. De acuerdo con la invención, los segmentos se cuantifican. (Etapa 810) El valor medio de los segmentos registrados se resta y los segmentos registrados se normalizan. (Etapa 812) La normalización de la secuencia asegura que la autocorrelación pico se produzca en la unidad o cerca de la unidad debido a los errores de cuantificación.

Un intervalo de muestreo irregular de acuerdo con la invención puede determinarse, por ejemplo, mediante el conteo de módulo conocido de un generador de secuencia tal como los números de Fibonacci, los números de Lucas, los números de Perrin o cualquier generador de números pseudoaleatorios. Para una fácil implementación con tecnologías de semiconductores para sistemas digitales, las amplitudes pueden cuantificarse a niveles finitos basados en la correlación cruzada máxima permitida ($1/2^{L-1}$, donde L es el número de bits utilizados para representar por cada amplitud de muestra) entre secuencias de código. Los segmentos independientes de las secuencias de caos digital se agrupan para formar un alcance de vector para transmitir las señales de comunicación o señales de entrenamiento que portan la información. Es bien conocido en las matemáticas que cualquier señal en un subespacio n-dimensional puede representarse únicamente en una n-tupla de un escalar que corresponde a la proyección de la señal sobre las bases ortonormales de la n-dimensional. La etapa final del proceso de caos digital es convertir los segmentos de caos digital independientes en un grupo de secuencias ortonormales que abarcan el

mismo subespacio que el segmento original. Este proceso puede realizarse usando el proceso de ortogonalización de Gram-Schmidt.

La memoria de secuencia de caos 606 (y la memoria de réplica de caos 706 de la Figura 7) puede ser una memoria volátil. La memoria de caos 606/706 puede particionarse de manera que los grupos de códigos de dispersión de caos digital se almacenan independientemente entre sí. Por ejemplo, los distintos grupos pueden organizarse de acuerdo con la aplicación para la cual se usarán. Las aplicaciones típicas incluyen cualquier aplicación inalámbrica que requiera capacidad de voz sobre IP (VoIP), capacidad de video y capacidad de datos para la operación punto a punto y/o punto a multipunto. Dentro de los grupos, la memoria volátil se divide además en espacios para almacenar un código de secuencia de caos digital. El espacio puede dividirse adicionalmente en una pluralidad de subespacios para almacenar los subconjuntos de la secuencia de caos digital.

Una vez que la memoria de secuencia de caos 606 está completamente poblada con secuencias de dispersión de caos digital, toda la memoria 606 puede someterse al procesamiento de Gram-Schmidt. La memoria 606 completa puede someterse a un proceso de ortonormalización. En modalidades alternativas, los segmentos de caos digital independientes pueden convertirse en un grupo de secuencias ortonormales que abarcan el mismo subespacio que el segmento original.

Una modalidad preferida de la invención para la formación de paquetes se muestra en la Figura 10. En esta modalidad ilustrativa, la velocidad de muestreo en el receptor está dirigida a 20 MHz y la velocidad de fragmentación se propone a 4 Mcps en el transmisor. La separación mínima de la frecuencia central entre los sistemas adyacentes será de 5 MHz. La estructura de trama puede ser una trama de radio de 10 ms dividida en 5 subtramas de igual duración de 2 milisegundos (ms). Estas subtramas pueden configurarse como ranuras de transmisión o recepción para cualquier usuario.

Una supertrama consiste en varias tramas transmitidas en sucesión con separaciones de abertura de 2 ms entre tramas. Cada trama que se va a transmitir consiste en una secuencia de entrenamiento de preámbulo, una secuencia de entrenamiento de midámbulo y una carga de datos. La flexibilidad de la estructura de la trama puede alojar otras numerosas modalidades de aplicaciones específicas. En esta modalidad, se incluye suficiente información de entrenamiento de manera segura y confiable.

Como se conoce bien, la clave para un diseño inalámbrico exitoso es incorporar suficiente información de entrenamiento para reconocer la llegada de paquetes, alinear los límites de los símbolos, estimar la característica del canal y corregir el desplazamiento de frecuencia. Una

modalidad de la invención usa un campo de cabecera. El campo de cabecera comprende un preámbulo de diez símbolos y un campo de señal de 48 símbolos que define el estado de configuración para el receptor. Las secuencias de entrenamiento se modulan usando la codificación diferencial por desplazamiento de caos (DCSK) y se repiten varias veces; se usa
5 nueve veces en la Figura 6. Cada repetición se modula con 1 o -1 de acuerdo con las técnicas DCSK normales. La entrada de modulación puede ser una secuencia alterna de positivos y negativos, incorporada a la información de control para el resto del paquete. Los preámbulos y midámbulos pueden tener sus potencias significativamente más altas que los datos para ayudar a la sincronización en el receptor. Por ejemplo, una modalidad usa un reforzador de potencia relativa
10 de 3dB para las muestras de datos. Esto permitirá la alta probabilidad de detección sin una cabecera excesiva para la trama. Si la cabecera total es de 10 % o menos de la duración de la trama, se puede lograr una mejora significativa en la detección y la sincronización en el receptor, mientras se sacrifica solamente 0.79 dB de potencia de la señal en comparación a cuando no existe un aumento de la potencia. Cada símbolo está compuesto por una secuencia de caos de longitud
15 predeterminada que puede variar de 16 chips a 4000 chips, en dependencia de los requisitos de la aplicación para el rendimiento y la cobertura. El campo de señal está comprendido en una semilla de aleatorización de 6 bits, que se usa para inicializar el generador de número pseudoaleatorio (pn) para el patrón de secuencia. El estado de los registros de pn determina cuál de las 2^6 secuencias almacenadas se selecciona u, opcionalmente, qué secuencia en la familia de caos se debe transmitir
20 para el símbolo actual.

Como se indicó anteriormente, la presente invención abordó los problemas en la transmisión MIMO WLAN tradicional. Concretamente, los sistemas de la técnica anterior, tales como el sistema compatible con 802.11x, son más susceptibles a la interferencia, las colisiones inalámbricas y la interceptación por partes no intencionadas. La presente invención aborda estos
25 problemas proporcionando un sistema y método para agregar e integrar múltiples señales de comunicación que portan información dentro de formas de onda de comunicación de caos digital que ocupan el mismo ancho de banda del canal de frecuencia transmitido con un sistema de múltiples antenas. El caos digital puede ser una forma de onda generada al muestrear una señal de caos, donde las señales de caos están determinadas por dinámicas deterministas no lineales. Las
30 secuencias digitales de caos generadas de acuerdo con la invención como se describe a continuación, se usan como una secuencia de expansión de acuerdo con varias modalidades de la invención.

La señal transmitida por el transmisor es recibida por un receptor 104 de la Figura 7. El receptor 104 recupera los datos incorporados en la señal de la fuente de datos transmitida. De acuerdo con un aspecto de la invención, la secuencia de caos digital almacenada en la memoria de secuencia de caos 606 usada como código de dispersión para distribuir la señal de la fuente de datos en el transmisor 102 se compara con la secuencia de caos digital almacenada en la memoria de réplica de caos 306. Como se indicó anteriormente, el demodulador de caos 124 usa una réplica de la secuencia de caos digital almacenada en la memoria 706 de réplica de caos como un código de propagación.

La Figura 7 es una modalidad ilustrativa del receptor 104 para recibir la forma de onda de caos digital. El receptor 104 incluye una antena 118 para recibir la señal transmitida, el filtro de canal 702 para rechazar las señales que no están en la banda de interés, el convertidor analógico a digital (A/D) 704 se usa para muestrear y cuantificar la señal analógica para su procesamiento digital. Una memoria de réplica de caos 706 proporciona una réplica exacta de la forma de onda de caos digital almacenada en la memoria de secuencia de caos 606 en el transmisor 102. La operación de detección de paquetes 708 se realiza para determinar cuándo llega al menos un paquete. Un filtro adaptado 710 se usa para recuperar la temporización de símbolos para al menos una señal. Se puede usar un estimador de canal 712 para estimar y compensar las distorsiones a la forma de onda debido al desvanecimiento por trayectos múltiples. La corrección Doppler 714 se puede usar para estimar y corregir los desplazamientos de frecuencia a la movilidad y giro del oscilador previstos. El receptor 104 también puede incluir un dispositivo de detección de símbolos 716 para estimar el símbolo de mapeo enviado por el transmisor, una tabla de búsqueda de D-mapas de símbolos 718 para recuperar símbolos de información, y un decodificador de canales 720 para recuperar los bits originales transmitidos 722. Los bits de información recuperados 722 pueden proporcionarse a uno o más receptores de datos (no mostrados).

El receptor 104 recibe la señal transmitida para recuperar los datos integrados de la señal. Debe observarse que pueden existir dos modos receptores comunes en las modalidades preferidas. En el primer modo, la multiplicación de alta velocidad con la memoria de réplica de caos 706 se produce directamente después de la operación de A/D 704. Esta modalidad se prefiere cuando una forma de onda analógica muestreada es la señal portadora de información. En el segundo modo, la multiplicación de alta velocidad con la memoria de réplica de caos 706 se produce antes de la detección del símbolo 716 y después de la Corrección Doppler 714 y de las operaciones de estimación del canal 712. Esta modalidad es más adecuada con la señal, los bits o los símbolos que

portan información. Cualquiera de las configuraciones funciona para las señales portadoras de información en forma de bits o símbolo. Sin embargo, el segundo modo tiene el mejor rendimiento y el primer modo tiene los menores consumos de energía. Después de desplegar la secuencia de caos digital de alta velocidad, las operaciones del receptor son típicas de las realizadas por los receptores comercialmente estándares para 802.11x, WCDMA o CDMA 2000, cuya descripción se omite por razones de brevedad.

El modulador de caos 108 y el demodulador 124 pueden implementarse como parte de una red de área local (LAN) inalámbrica, una red de área personal (PAN) inalámbrica, una red de área doméstica (HAN) inalámbrica o un sistema de red de área metropolitana (MAN), un sistema de telefonía celular, u otro tipo de sistema de frecuencia de radio o microondas que incorpore comunicaciones unidireccionales o bidireccionales en un rango de distancias. La invención puede emplear diversas técnicas de modulación y demodulación de señal, tales como la ecualización de dominio de frecuencia de portadora única (SCFDE), el espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS) o la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), por ejemplo. Sin embargo, a lo largo de esta descripción, se hacen referencias con respecto a los sistemas de comunicación SIMO y MIMO o a un sistema que incluye un transmisor y un receptor simplemente para facilitar la descripción de la invención. Todos los componentes similares de los canales inalámbricos 711 también tendrán descripciones similares entre sí.

Los transmisores de la presente invención pueden transmitir diferentes señales desde cada antena en la matriz de antenas de transmisión de manera que cada señal sea recibida por la antena correspondiente en un arreglo de antenas de recepción en el lado de recepción. Diversos transmisores descritos en este documento pueden transmitir la señal de la fuente de datos como una señal agregada y recibida como una agregación de todas las señales de transmisión, o una agregación de partes de la señal. Todas las señales se transmiten una vez y el receptor demodula la señal agregada usando una réplica del código de dispersión de la secuencia de dispersión de caos almacenado en la memoria de réplica del caos en el receptor.

La Figura 9 ilustra un método 900 para recuperar los datos incorporados en la señal de la fuente de datos transmitida. Al recuperar los datos, el receptor 104 recibe la señal transmitida y recupera la señal de datos mediante las siguientes etapas representadas en la Figura 9: Los paquetes se buscan continuamente hasta que el receptor detecta la llegada de un paquete válido (etapa 902). La detección del paquete se basa en la salida de una correlación de libre funcionamiento (paquete detectado 708) que explota la estructura del preámbulo. La validez del paquete se determina a

partir de la verificación de redundancia cíclica (CRC) del campo de señal que se muestra en la Figura 10. Después que el paquete se ha declarado válido, el preámbulo se usa para realizar dos procesos de sincronización: estimación y corrección de sincronización de símbolos (etapa 904) y estimación y corrección de frecuencia (etapa 906). Se usa un filtro de coincidencia o banco de
5 filtros coincidentes 710 para estimar el error de temporización y se realiza la corrección apropiada en la temporización del receptor. Se usa un correlacionador separado para estimar el error de frecuencia, como por ejemplo la Corrección Doppler 714 y se aplica la corrección apropiada a la señal recibida de banda base. La estimación del canal se calcula utilizando la matriz de convolución previamente calculada basada en los símbolos de entrenamiento del preámbulo. La
10 pseudoinversa de esta matriz, que también puede calcularse fuera de línea ya que no cambia a menos que cambie el preámbulo, se usa para calcular la estimación cuadrática media mínima de las derivaciones de canal (estimador de canal 712) (etapa 908). El promedio es posible para cada una de las etapas 902, 904, 906 y 908 del proceso en base a la repetición de los símbolos de entrenamiento tanto en el preámbulo como en el midámbulo. La carga útil puede procesarse
15 después (etapa 910). Por ejemplo, procesar la carga útil puede incluir detectar un símbolo (detección de símbolo 716), mapear el símbolo (Símbolo D-Mapa 718), codificar el canal o decodificar la carga útil (decodificador de canal 720) y recuperar los bits de información 722 contenidos en la carga útil.

La Figura 11 es una modalidad de un subsistema procesador de espacio nulo ilustrativo que puede
20 ser útil con los sistemas de comunicación descritos en esta invención. De acuerdo con este subsistema ilustrativo, la señal que se recuperará ("los Datos de usuario $i^{\text{ésimo}}$ seleccionados") y las señales restantes (los "Datos de usuario restantes") se multiplican en el procesador de espacio nulo (Espacio nulo para el Usuario $i^{\text{ésimo}}$ seleccionado correspondiente a los Datos de usuario $i^{\text{ésimo}}$ seleccionados que producen una señal que contiene las señales de datos de usuario restantes. Las
25 señales de datos de usuario restantes se restan de la señal que contiene los Datos de Usuario $i^{\text{ésimo}}$ seleccionados y los datos de usuario restantes de manera que los Datos de Usuario $i^{\text{ésimo}}$ seleccionados se envían. En algunos casos, los Datos de Usuario $i^{\text{ésimo}}$ resultantes seleccionados pueden aparecer con señales residuales de los datos de usuario restantes. Los Datos de Usuario $i^{\text{ésimo}}$ seleccionados pueden recuperarse usando los Datos de Usuario $i^{\text{ésimo}}$ seleccionados para
30 identificar el Código de Caos de Usuario $i^{\text{ésimo}}$ para recuperar los Datos de usuario $i^{\text{ésimo}}$ como se describió anteriormente.

Los sistemas y métodos de caos digital de la presente invención son adecuados para el funcionamiento en las transmisiones inalámbricas que desean transmisiones coordinadas para mejorar la capacidad de la red. Tales sistemas a menudo requieren transacciones múltiples entre nodos estrechamente coordinados o puntos de acceso. Por coordinado, lo que se quiere decir es que

5 el protocolo de transmisión de cada nodo (receptor) en una red se organiza en una relación con un segundo nodo de recepción en la red para asegurar que las transmisiones posteriores sean eficientes de acuerdo con los requisitos de la red. Por eficiente, lo que se quiere decir es que la transferencia de nodo a nodo se optimiza de acuerdo con los requisitos del nodo o los requisitos del medio de transmisión. En una instancia, mejorar la eficiencia puede incluir mejorar el rendimiento de la red.

10 Los nodos coordinados pueden ser tales que un nodo, o un grupo de nodos pueden incluir un protocolo de transmisión que depende de la transmisión recibida de un nodo en la red o el grupo de nodos. En el caso donde múltiples nodos dependen de una transmisión recibida, el protocolo de transmisión de múltiples nodos puede comunicarse cooperativamente para asegurar la optimización de la red o del medio de transmisión.

15 En el caso de transmisiones múltiples, como se indicó anteriormente, las transmisiones múltiples pueden crear mayores oportunidades para la transmisión de datos comprometidos o colisiones de la transmisión de datos. En una modalidad de la invención, los nodos coordinados pueden incluir el conocimiento del protocolo de transmisión de uno o más de los otros nodos en la red. Alternativamente, la coordinación de las transmisiones desde un nodo, o un grupo de nodos, puede

20 depender de la transmisión recibida desde un nodo fuera de la red o grupo. En otra modalidad particular, los nodos coordinados o la transmisión coordinada a través de un medio inalámbrico pueden significar que la transmisión desde un nodo coordinado a otro nodo puede ocurrir en la siguiente oportunidad de transmisión (Txop) o dentro del tiempo especificado por un protocolo de tolerancia al retardo y a la interrupción conocido en el lado de recepción.

25 La forma de onda de caos digital descrita en este documento se puede usar para asegurar las transmisiones de datos mientras se mejora el rendimiento de la red. Por ejemplo, la transmisión y recepción multipunto coordinada a través de redes inalámbricas heterogéneas comprende un conjunto de puntos de transmisión dispares, puntos de acceso o nodos que operan en la misma celda (por ejemplo, "grupo"), en celdas solapadas o en celdas mutuamente excluyentes,

30 simultáneamente o de una manera coordinada. La transmisión coordinada multipunto se puede utilizar para aumentar el rendimiento y la calidad del servicio en redes inalámbricas,

particularmente en o cerca del límite de una celda determinada en una red celular o grupo de nodos, puntos de acceso o usuarios.

Una red cooperativa típica que se puede usar con esta invención es Internet de las cosas (IoT). El IoT se refiere a la interconexión y al intercambio autónomo de datos entre dispositivos que son máquinas o partes de máquinas. IoT puede usarse típicamente para soportar, por ejemplo, una comunicación de máquina a máquina (M2M). M2M se define como la comunicación de datos entre dispositivos sin la necesidad de la interacción humana. Puede tratarse de una comunicación de datos entre dispositivos y un servidor, o de dispositivo a dispositivo, directamente o a través de una red. Ejemplos de servicios M2M incluyen seguridad, seguimiento, pago, red inteligente y mantenimiento/monitoreo remoto. En consecuencia, una red coordinada de acuerdo con la invención puede incluir el intercambio autónomo de datos entre dispositivos, nodos o miembros de la red coordinada.

Como se usa en la presente, los nodos que pertenecen a una única celda se pueden describir como "miembros" de un único grupo. En algunos casos, para facilitar la coordinación de la transmisión inalámbrica, los miembros pueden describirse como miembros que pertenecen a un grupo, o a más de un grupo. Las señales recibidas por un miembro particular pueden procesarse adicionalmente de acuerdo con el preámbulo de la señal o la información de midámbulo.

Tal como se usa en la presente, el sistema multipuntos coordinado puede ser un sistema MIMO, en donde los miembros pueden usar múltiples antenas tanto en el transmisor como en el receptor. La presente invención también puede ser útil para sistemas de "múltiples entradas-múltiples salidas multiusuario" o "MU-MIMO". Como se usan en la presente, los sistemas MU-MIMO son sistemas de comunicación inalámbrica en los que las antenas disponibles se extienden sobre una multitud de miembros de grupos independientes, puntos de acceso y terminales de radio independientes, en donde cada miembro tiene una o múltiples antenas. La presente invención también se puede usar con sistemas convencionales SISO (única salida-única entrada), SIMO (única salida -múltiples entradas), MISO (múltiples entradas-única salida) u otros sistemas similares, como se conoce en la técnica.

La Figura 12 representa una disposición típica de celda o grupo 900 que puede usarse para describir las modalidades ilustrativas de la presente invención. La disposición de grupos 900 puede incluir un grupo A que tiene miembros A1-An. De manera similar, el grupo B puede incluir los miembros B1-Bn. En el ejemplo mostrado, el miembro del grupo B3 también puede ser un miembro del grupo B y también del grupo A. Para facilitar la descripción de la invención, cuando

un miembro pertenece a más de un grupo, el miembro puede designarse con ambos designadores de grupo, como A/B3 representado en la disposición de grupo 1200.

La Figura 13 es una modalidad ilustrativa de una disposición de grupos 1300 que tiene el grupo A, el grupo B y el grupo C. Aunque los múltiples grupos de la disposición de grupos 1300 se representan como solapados, los grupos pueden ser mutuamente excluyentes. Cuando un miembro pertenece a más de un grupo superpuesto, el miembro puede recibir y procesar señales de caos digital dirigidas a cualquiera de los grupos superpuestos. En tal caso, el miembro se puede llamar miembro de grupos múltiples, en este documento. En la disposición que se muestra, los miembros A/B3 indican que el miembro B3 también pertenece al grupo A.

La disposición de grupos 1300 representa además las transmisiones inalámbricas que se producen cuando se transmite una señal de caos digital entre los miembros. Por ejemplo, el miembro A6 puede transmitir señales de caos digital al miembro A2, A5 o A_n; el miembro C1 puede transmitir señales de caos digital a C8; B3 puede transmitir señales de caos digital a B1, B4 o B9 en dependencia de cómo se aborde la señal digital de caos en el preámbulo del caos digital. En el caso en que el caos digital es recibido por un miembro de múltiples grupos, el miembro receptor puede transmitir la señal de caos digital al miembro del grupo correspondiente al que pertenece el miembro receptor. Esto puede ser cierto incluso cuando el miembro del grupo previsto pertenece a un miembro separado superpuesto. Por superpuesto, lo que se quiere decir es que más de un grupo comparte al menos un miembro del grupo. En la disposición de grupo 1300 mostrada, el grupo A se solapa con el grupo C, y el grupo A se solapa con el grupo B.

Debe observarse que las señales de caos digital descritas con respecto a las modalidades en la Figura 12 y la Figura 13, pueden recibirse desde el exterior de cualquiera o de todos los grupos representados. Por ejemplo, la señal digital S1 se representa como generada fuera del grupo A, pero recibida por el miembro del grupo A2. De manera similar, la señal de caos digital S2 se representa como generada fuera del grupo C, pero recibida por el miembro del grupo C8. Por el contrario, la señal de caos digital S3 se representa como generada en el grupo B por el miembro del grupo B7 y recibida por el miembro del grupo B_n.

En una transmisión coordinada típica de acuerdo con la presente invención, los miembros del grupo operan de manera coordinada para mejorar la capacidad general de la red para todos los usuarios que comparten el medio inalámbrico. De manera coordinada, puede significar que las señales se procesan juntas para combatir los efectos de distorsión del medio inalámbrico y la interferencia mutua para mejorar la detección de todas las señales de datos de los distintos usuarios

activos. Los miembros del grupo procesan las señales de datos de usuario distintas extraídas de acuerdo con la pertenencia o la no pertenencia a un grupo en particular. El miembro del grupo puede procesar las señales de datos de usuario distintas extraídas de acuerdo con la pertenencia o no pertenencia a un grupo particular donde dichas señales de datos de usuario distintas extraídas no dirigidas al lado de recepción (por ejemplo, al miembro receptor) se agregan, alinean en el tiempo, y se retransmiten a través del medio inalámbrico en la siguiente oportunidad de transmisión (Txop) o dentro del tiempo especificado mediante un protocolo tolerante al retardo y a la interrupción conocido en el lado de recepción. Por ejemplo, el protocolo tolerante al retardo y a la interrupción puede ser tal que la red funcione eficazmente a distancias extremas, tales como las que se encuentran en las comunicaciones espaciales o en una escala interplanetaria. Por otra parte, cuando una señal de caos digital es recibida por un miembro del grupo receptor al cual no está dirigida, el miembro del grupo receptor puede terminar la señal y no reenviarla.

En un ejemplo típico, usando la Figura 13, la señal de datos S4 puede dirigirse al miembro del grupo B9, pero recibirse por el miembro de múltiples grupos A3 (por ejemplo, A/B3). En este caso, el miembro del grupo A3 puede extraer la señal de datos de usuario distinta indicando que la señal de datos está dirigida al miembro del grupo B9. Como el miembro del grupo A3 también es miembro del grupo B (por ejemplo, B3), entonces el miembro del grupo A3 puede transmitir la señal al grupo B. Más particularmente, A3 puede transmitir la señal al miembro del grupo B9.

En algunos casos, cuando los miembros de diferentes grupos están en proximidad entre sí, un miembro del grupo receptor puede recibir un primer fragmento de la señal recibida, y la transmisión de retardo de tiempo de la señal recibida hasta el momento en que se recibe un segundo fragmento de la señal recibida por el miembro del grupo receptor.

Un experto en la técnica apreciará que la presente invención se puede usar en cualquier dispositivo que implemente el esquema de codificación DSSS. La descripción anterior se ha dirigido a modalidades específicas de esta invención. Será evidente, sin embargo, que pueden realizarse otras variaciones y modificaciones a las modalidades descritas, obteniendo algunas o todas sus ventajas. Por lo tanto, el objeto de las reivindicaciones adjuntas es cubrir todas las variaciones y modificaciones que entren dentro del verdadero espíritu y alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la conexión cooperativa de señales de caos digital a través de una transmisión inalámbrica, que comprende:
 - a. recibir una pluralidad de señales de datos distintas en un lado de recepción, en donde cada
5 una de dicha pluralidad de señales de datos distintas está modulada con una secuencia de caos distinta en un lado de transmisión, en donde la modulación de cada una de dicha pluralidad de señales de datos distintas en el transmisor se realiza usando una base de datos de secuencia de caos digital generada que tiene una pluralidad de secuencias de caos digital, en donde el método para generar la base de datos de secuencia de caos digital comprende registrar una forma de onda
10 uniforme que tenga una dinámica no lineal, almacenar en memoria intermedia la forma de onda uniforme registrada, muestrear un número fijo de muestras para un factor de dispersión particular de dicha forma de onda uniforme almacenada, almacenar una cantidad variada de grupos de números fijos de muestras para que un factor de dispersión particular forme las entradas de la base de datos de secuencias de caos digital, de manera que los grupos de números fijos de muestras para
15 un factor de dispersión particular son distintos con una baja correlación cruzada entre los grupos, y luego procesar todos los grupos de números fijos de muestras usando el proceso Gram-Schmidt,
 - b. demodular cada una de la pluralidad de señales de datos distintas en el lado de recepción para extraer una pluralidad de señales de datos de usuario distintas,
 - c. verificar que al menos una de las señales de datos de usuario distintas esté dirigida hacia el
20 lado de recepción, procesar al menos una de las señales de datos de usuario distintas en dependencia de si al menos una de las señales de datos de usuario distintas está dirigida a un grupo distinto de lados de recepción de una pluralidad de grupos de lados de recepción, en donde la pluralidad de grupos de lados de recepción incluye el lado de recepción que recibe la pluralidad de señales de datos distintas como miembro de un grupo,
 - d. verificar que una pluralidad de la pluralidad extraída de señales de datos de usuario distintas
25 no se dirija al lado de recepción,
 - e. agregar la pluralidad de la pluralidad extraída de señales de datos de usuario distintas no dirigidas al lado de recepción para crear nuevas señales de datos agregadas compuestas por una agregación de la pluralidad extraída de señales de datos de usuario distintas no dirigidas al lado de
30 recepción, en donde la pluralidad de señales de datos de usuarios distintas en los lados de recepción son señales procesadas de manera conjunta para combatir los efectos del medio

inalámbrico y la interferencia mutua para mejorar la detección de todas las señales de datos de usuarios distintos activos,

f. transmitir la pluralidad agregada de la pluralidad extraída de señales de datos de usuario distintas no dirigidas al lado de recepción, donde la transmisión está alineada en el tiempo, y se retransmite a través de un medio inalámbrico en la siguiente oportunidad de transmisión (Txop) o dentro del - tiempo especificado por un protocolo tolerante al retardo y a la interrupción conocido en el lado de recepción.

2. Un método de la reivindicación 1, en donde la señal de datos de usuario distinta extraída pertenece a al menos uno de los grupos de usuarios predefinidos a priori conocidos por el receptor y comunicados por el administrador o coordinador de la red.

3. El método de la reivindicación 1, en donde las señales de datos de usuario distintas extraídas pertenecen al mismo grupo de usuarios que el dispositivo del lado de recepción, y dichas señales de datos de usuario distintas extraídas se dirigen al lado de recepción y están etiquetadas para indicar que contienen al menos una parte de una Unidad de Datos de Carga Útil (MPDU) MAC fragmentada con una identificación de paquete única y en donde los fragmentos restantes de la MPDU son recibidos en el lado de recepción por al menos una transmisión separada, en donde el los fragmentos restantes de la MPDU contienen la identificación de paquete única.

4. El método de la reivindicación 3, en donde la MPDU fragmentada y los fragmentos restantes de la MPDU llegan a una unidad de procesamiento común MAC en el lado de recepción para su reensamblado.

5. El método de la reivindicación 4, en donde la MPDU fragmentada recibida se almacena en memoria intermedia, se ordena y se reenvía hacia la unidad de procesamiento común MAC para su reensamblado con los fragmentos restantes de la MPDU.

6. El método de la reivindicación 1, en donde las señales de datos de usuario distintas extraídas no pertenecen al mismo grupo de usuarios que el dispositivo del lado de recepción, y dichas señales de datos del usuario distintas extraídas se descartan de la memoria intermedia del lado de recepción.

7. Un método para la conexión cooperativa de señales de caos digital a través de una transmisión inalámbrica, que comprende:

a. recibir una señal de datos agregada que tiene una pluralidad de señales de datos distintas que contienen señales de datos de usuario distintas que se originan a partir de una pluralidad de usuarios, en donde cada una de la pluralidad de señales de datos distintas está modulada con una secuencia de caos distinta en un lado de transmisión,

b. demodular cada una de dicha pluralidad de señales de datos distintas en el lado de recepción para extraer las señales de datos de usuario distintas, la modulación de la señal de datos se realiza usando una base de datos de secuencia de caos digital generada, en donde la generación de la secuencia de caos digital comprende, registrar una forma de onda uniforme con dinámica no lineal en una memoria, almacenar en memoria intermedia la forma de onda uniforme, muestrear un número fijo de muestras para un factor de dispersión particular de dicha forma de onda uniforme almacenada en memoria intermedia, almacenar una cantidad variada de grupos de números fijos de muestras para un factor de dispersión particular para formar las entradas de la base de datos, de manera que los grupos de números fijos de muestras para un factor de dispersión particular son distintos con una baja correlación cruzada entre los grupos, y luego procesar todos los segmentos de grupos usando el proceso Gram-Schmidt, operando de manera coordinada para mejorar la capacidad general de la red para todos los usuarios que comparten el medio inalámbrico, en donde dichas señales de datos de usuario distintas extraídas no dirigidas al lado de recepción se agregan, se alinean en el tiempo y se retransmiten a través del medio inalámbrico en la siguiente oportunidad de transmisión (Txop) o dentro del tiempo especificado por un protocolo tolerante al retardo y a la interrupción conocido en el lado de recepción.

c. procesar las señales de datos de usuario distintas extraídas de acuerdo con la pertenencia o no pertenencia a una clase de un grupo particular.

8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, en donde al menos una de las señales de datos de usuario distintas extraídas pertenece a al menos uno de los grupos de usuarios predefinidos a priori conocidos por el receptor y comunicados por el administrador o coordinador de la red.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en donde al menos una de las señales de datos de usuario distintas extraídas pertenece al mismo grupo de usuarios que el dispositivo de lado de recepción, y donde dicha al menos una de las señales de datos de usuario distintas extraída está

dirigida al lado de recepción y está etiquetada para indicar que la señal de datos de usuario distinta extraída contiene al menos una parte de una Unidad de Datos de Carga Útil (MPDU) MAC fragmentada con una identificación de paquete única y en la que los fragmentos restantes de la MPDU son recibidos mediante al menos una transmisión separada, en donde los fragmentos
5 restantes de la MPDU contienen la identificación de paquete única.

10. El método de la reivindicación 9, en donde los fragmentos de la MPDU y los fragmentos restantes de la MPDU llegan a una unidad de procesamiento común MAC en el conjunto del lado de recepción.

10
11. El método de la reivindicación 10, en donde la MPDU fragmentada recibida se almacena en memoria intermedia, se ordena y se reenvía hacia la unidad de procesamiento común MAC del lado de recepción para su reensamblado con los fragmentos restantes de la MPDU.

15 12. El método de la reivindicación 7, en donde la señal de datos de usuario distinta extraída no pertenece al mismo grupo de usuarios que el dispositivo del lado de recepción, y dichas señales de datos de usuario distintas extraídas se descartan de la memoria intermedia del lado de recepción.

20 13. Un método para procesar una señal de datos agregados en una transmisión inalámbrica, que comprende:

a. recibir una señal de datos agregados en un lado de recepción, la señal de datos agregados tiene una pluralidad de señales de datos distintas que contienen señales de datos de usuario distintas que se originan a partir de una pluralidad de usuarios, en donde cada una de la pluralidad de señales de datos distintas está modulada con una secuencia de caos distinta en un lado de
25 transmisión,

b. demodular cada una de la pluralidad de señales de datos distintas en el lado de recepción para extraer las señales de datos de usuario distintas, la modulación de cada una de la pluralidad de señales de datos se realiza usando una base de datos de secuencias de caos digital generada que contiene la secuencia de caos distinta, en donde la generación de la secuencia de caos digital
30 distinta comprende, registrar una forma de onda uniforme que tiene una dinámica no lineal, muestrear un número fijo de muestras para un factor de dispersión particular para producir un grupo de segmentos de caos digital independientes, almacenar cantidades variadas de grupos de

números fijos de muestras para un factor de dispersión particular para formar las entradas de la base de datos, y convertir el grupo de segmentos de caos digital independientes en un grupo de secuencias ortonormales que abarcan el mismo subespacio que el grupo de segmentos de caos digital independientes, y

- 5 c. operar de una manera coordinada para mejorar la capacidad general de la red para todos los usuarios que comparten el medio inalámbrico, en donde dichas señales de datos de usuario distintas extraídas no dirigidas al lado de recepción se agregan, se alinean en el tiempo y se retransmiten a través del medio inalámbrico en la siguiente oportunidad de transmisión (Txop) o dentro del tiempo especificado por un protocolo tolerante al retardo y a la interrupción conocido en el lado de recepción, en donde el lado de recepción opera de manera coordinada con cualquier otro receptor en la red para mejorar la capacidad general de la red para todos los usuarios que comparten el medio inalámbrico,
- 10 d. procesar las señales de datos de usuario distintas extraídas de acuerdo con la pertenencia o la no pertenencia a una clase de grupo particular.

15 14. Un método de la reivindicación 13, en donde la forma de onda uniforme es al menos una de una forma de onda de caos analógico nativa, una forma de onda aperiódica, o una dinámica no lineal simulada por computadora de una característica de mapeo determinista.

20 15. El método de la reivindicación 13, en donde cada una de la pluralidad de señales de datos distintas incluye bits de control en un preámbulo y un midámbulo de la pluralidad de señales de datos distintas.

25 16. Un método para la conexión cooperativa de señales de caos digital a través de una transmisión inalámbrica, que comprende:

- a. recibir una señal de datos en un lado de recepción, en donde la señal de datos se modula con una secuencia de caos distinta en un lado de transmisión,
- b. demodular la señal de datos en el lado de recepción para extraer una señal de datos de usuario distinta, la modulación de la señal de datos se realiza usando una base de datos de secuencia de caos digital generada, en donde la generación de la secuencia de caos digital comprende, registrar una forma de onda uniforme que tiene una dinámica no lineal en una memoria, almacenar en memoria intermedia la forma de onda uniforme, muestrear un número fijo
- 30

de muestras para un factor de dispersión particular de dicha forma de onda uniforme almacenada en memoria intermedia, almacenar una cantidad variada de grupos de números fijos de muestras para un factor de dispersión particular para formar las entradas de la base de datos, de manera que los grupos de números fijos de muestras para un factor de dispersión particular son distintos con una baja correlación cruzada entre los grupos, y luego procesar todos los segmentos de grupos usando el proceso de Gram-Schmidt,

c. procesar las señales de datos de usuario distintas extraídas de acuerdo con la pertenencia o no pertenencia a una clase de un grupo particular, y

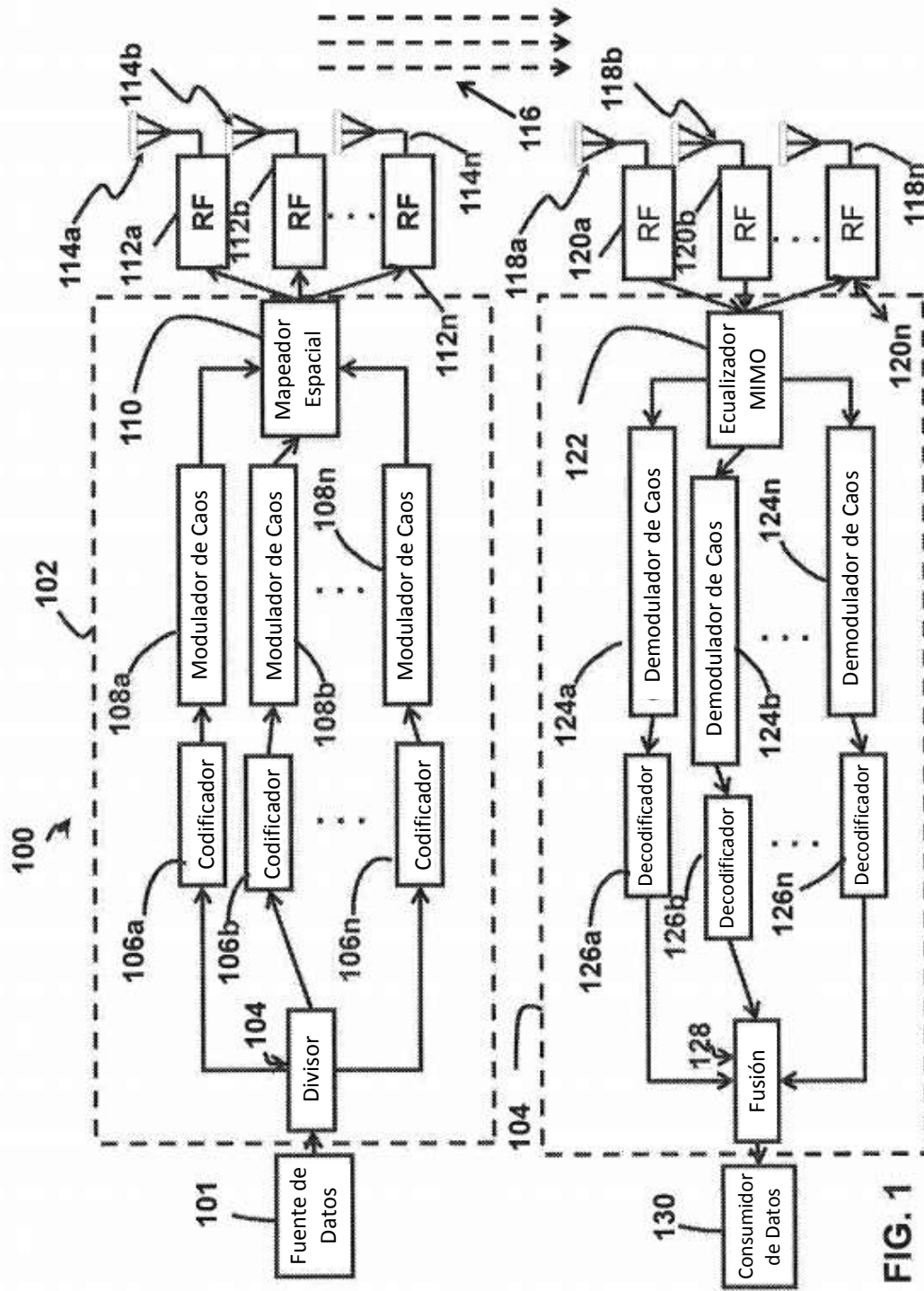
d. procesar las señales de datos de usuario distintas extraídas para operar de manera coordinada sobre el medio inalámbrico de manera que se imita la transmisión desde una fuente de origen común y mejora la capacidad general de la red para todos los usuarios activos hacia al menos un segundo receptor para que, en donde dicha señal se procese, las señales de datos del usuario distintas extraídas no dirigidas al segundo receptor se agreguen, se alineen en el tiempo y se retransmitan a través del medio inalámbrico en la siguiente oportunidad de transmisión (Txop) o se especifiquen en el tiempo por un protocolo tolerante al retardo y a la interrupción conocido en el lado de recepción.

17. Un método de la reivindicación 16, en donde la forma de onda uniforme es una de al menos una forma de onda de caos analógica nativa, una forma de onda aperiódica, una dinámica no lineal simulada por computadora de una característica de mapeo determinista.

18. El método de la reivindicación 16, en donde cada una de la pluralidad de señales de datos distintas incluye bits de control en un preámbulo y un midámbulo de la pluralidad de señales de datos distintas.

RESUMEN

La presente invención muestra un sistema y un método para la conexión cooperativa de transmisiones de caos digital. La invención implica el usar secuencias de caos digital generadas como secuencias de dispersión en un lado de transmisión, recibir las señales esparcidas en el lado de recepción y unificar la señal, recuperar las señales en el lado de recepción, comparar una réplica almacenada de los códigos de dispersión de caos digital con los códigos de caos digital de dispersión usados en el lado de transmisión para determinar si las señales pertenecen a grupos predefinidos en base a un criterio predeterminado, y reenviar las señales a un miembro del grupo en función de la asignación del miembro de grupo.



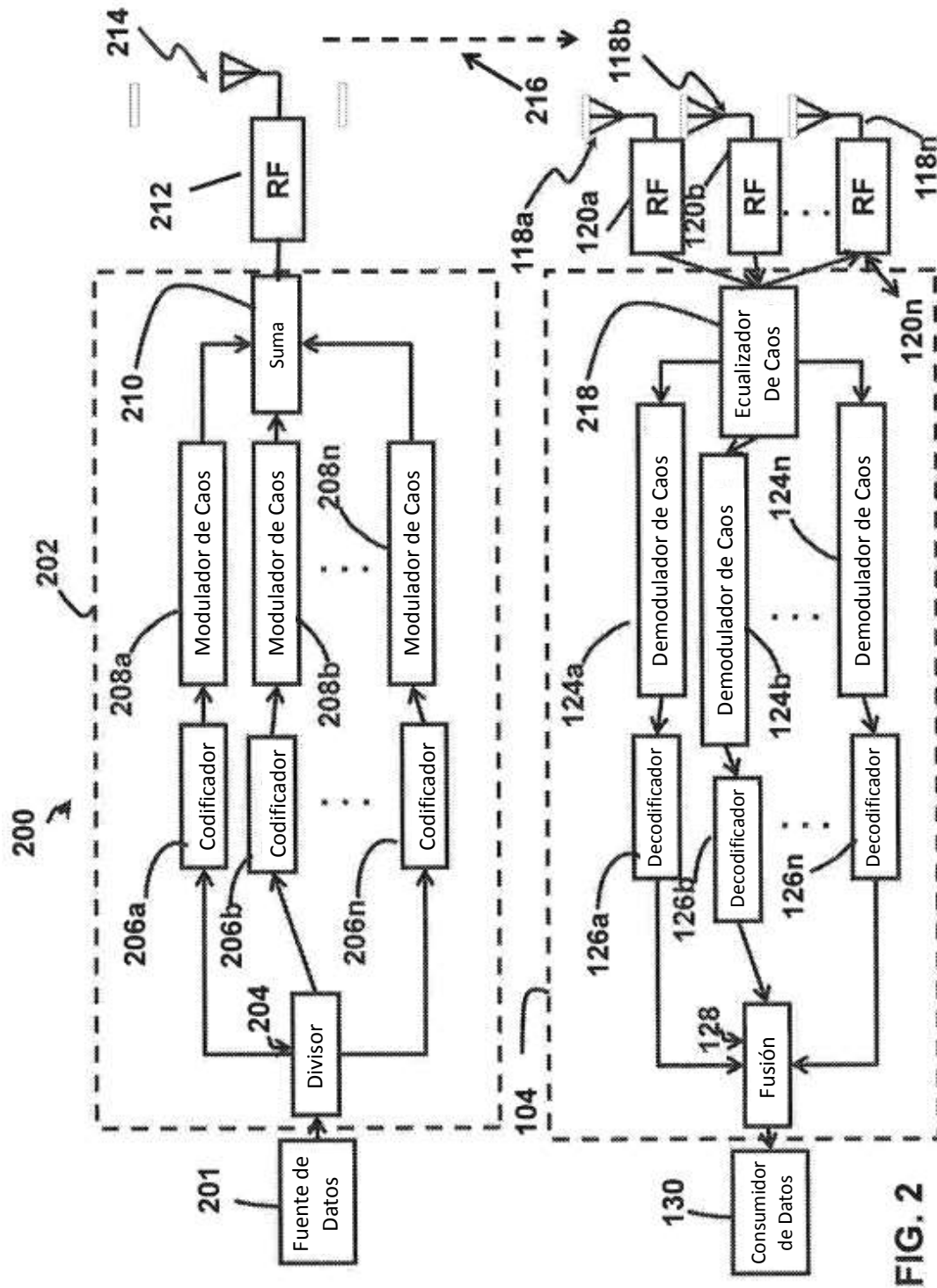
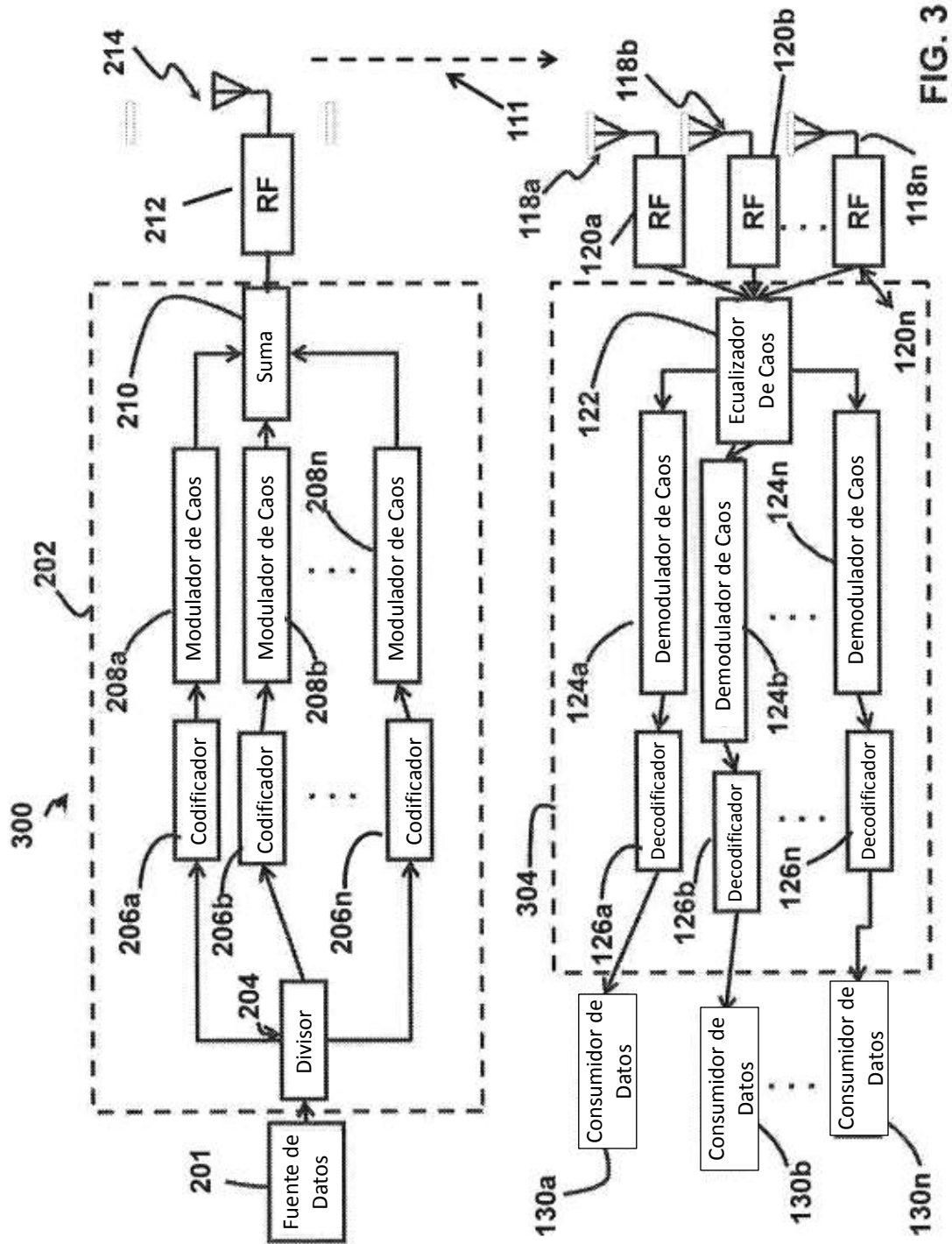


FIG. 2



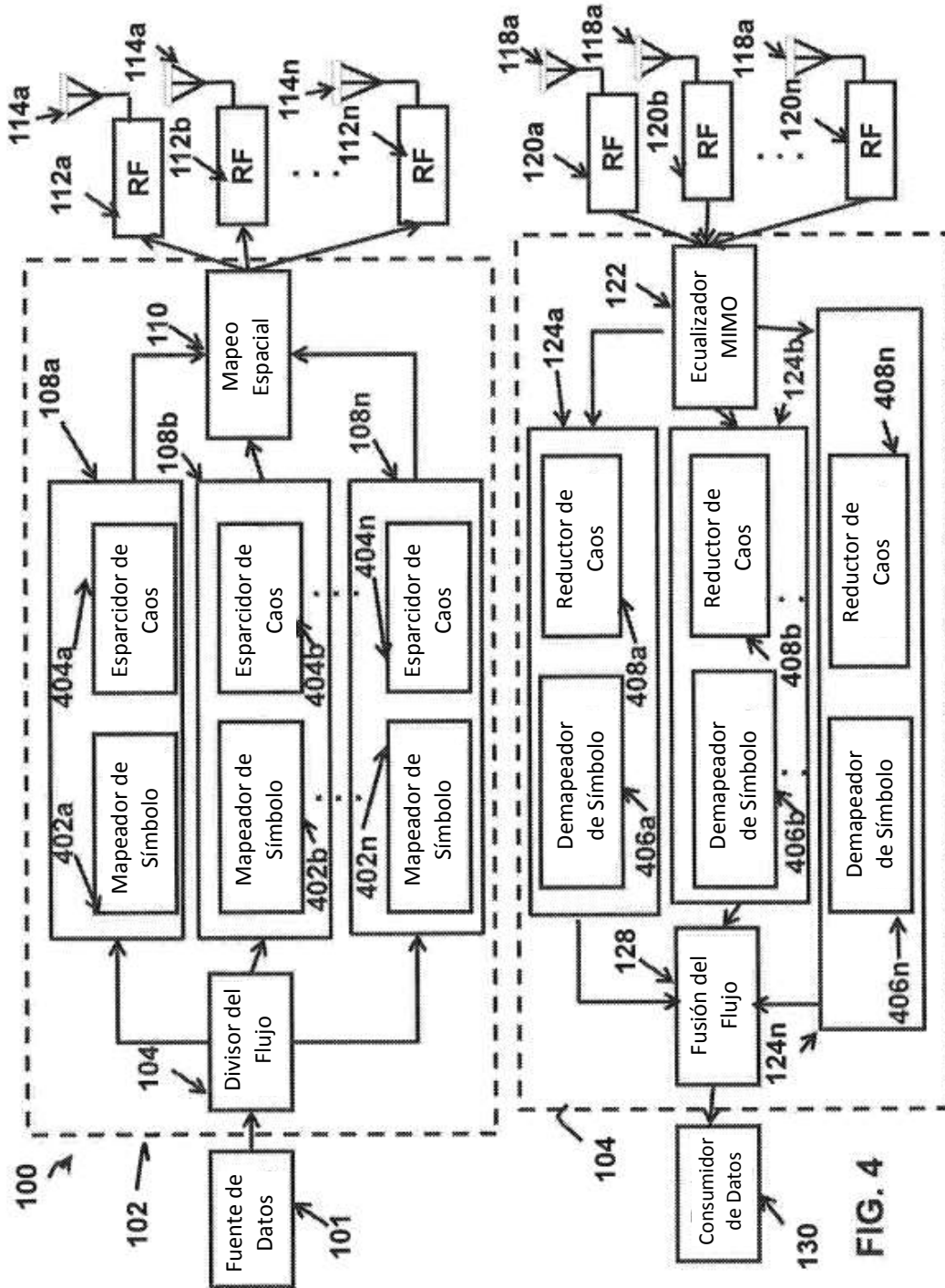


FIG. 4

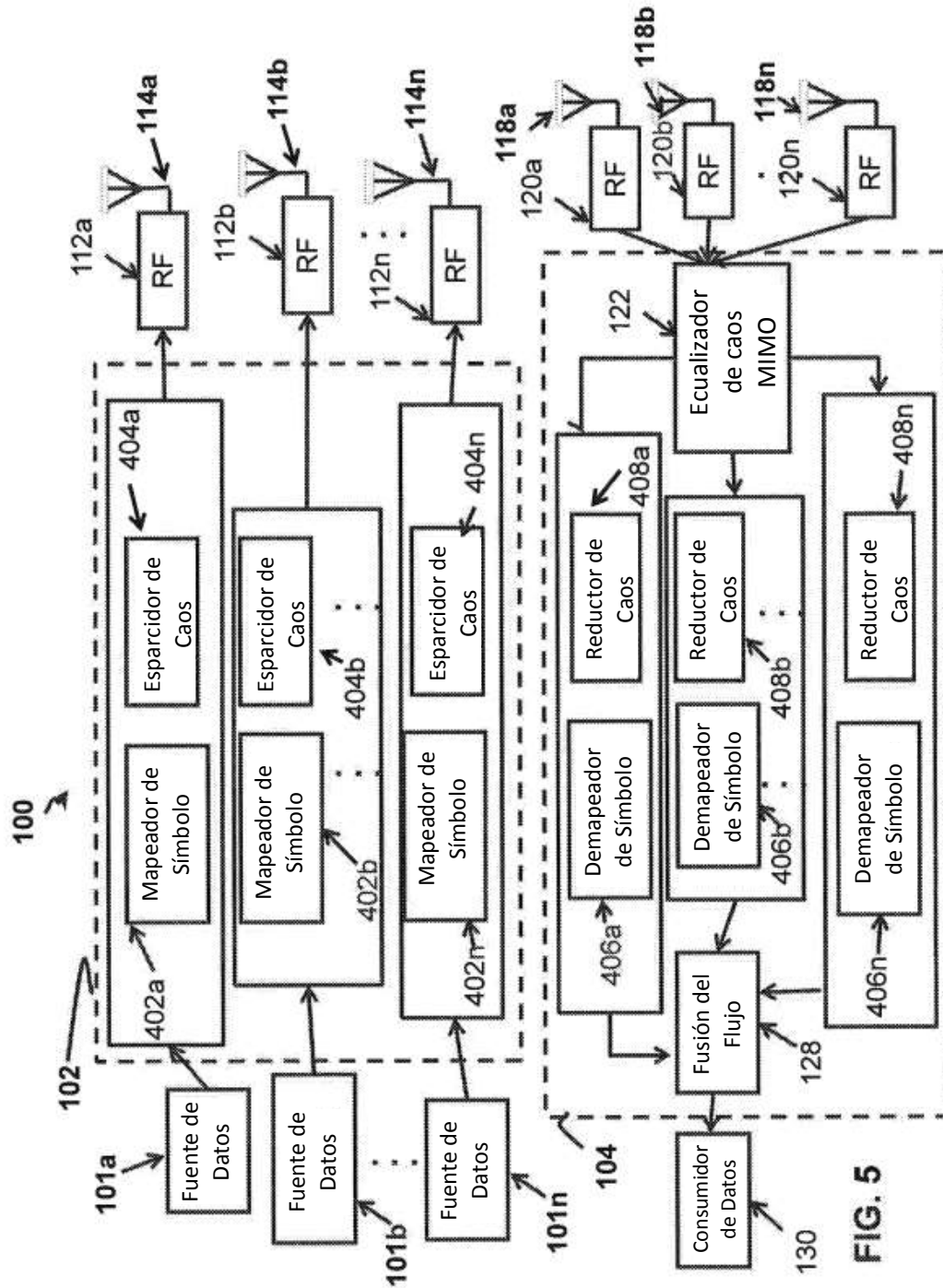


FIG. 5

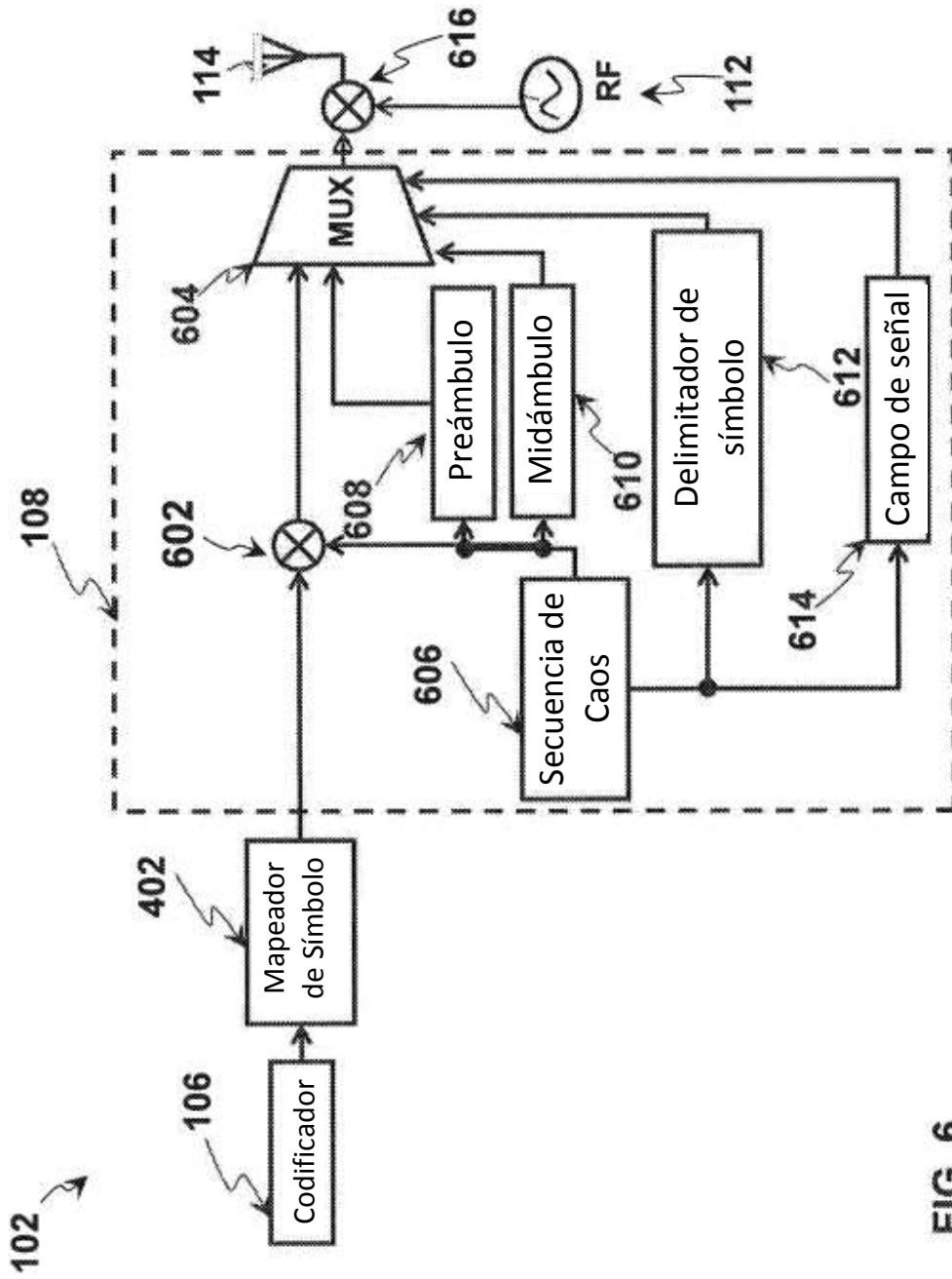


FIG. 6

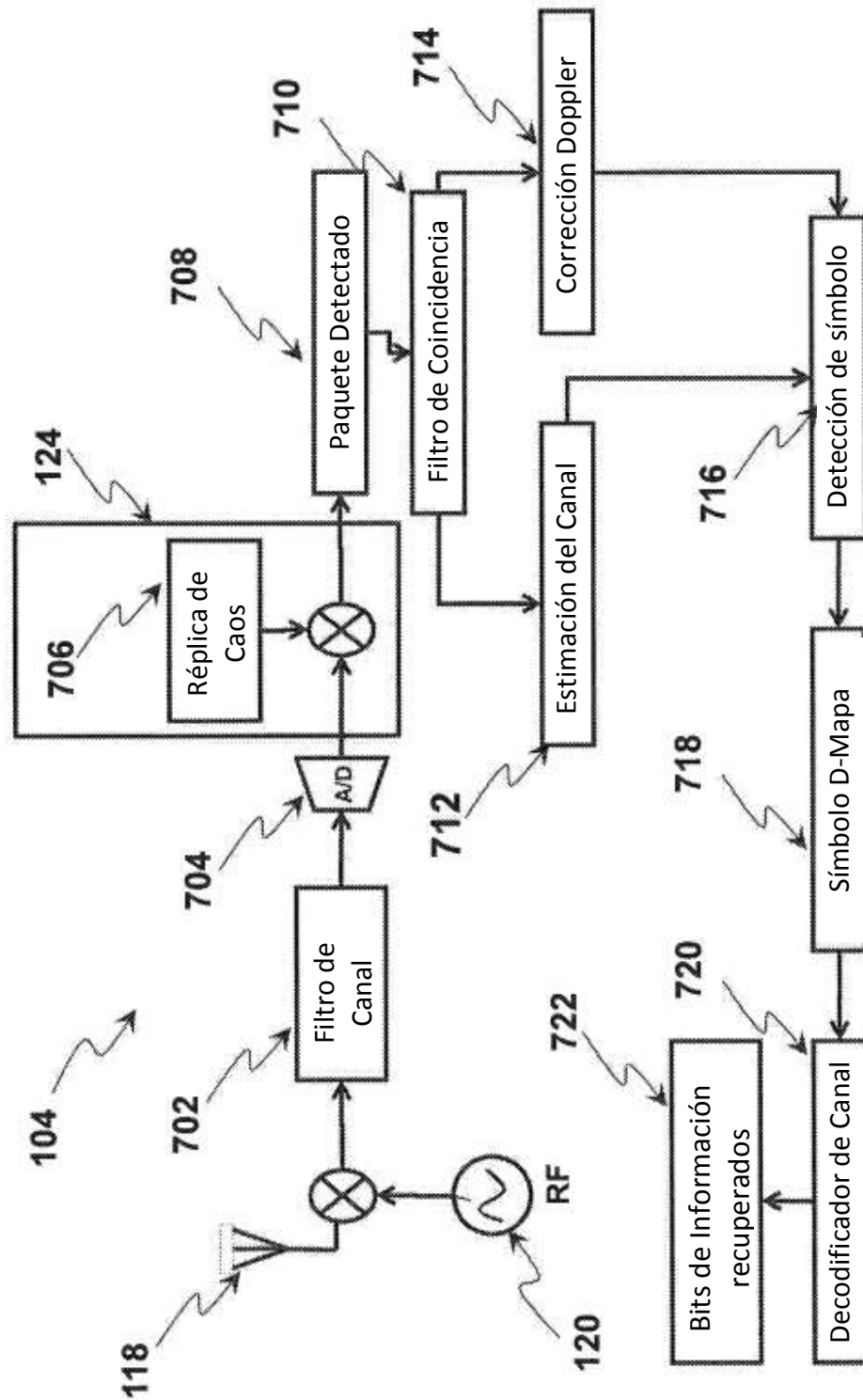


FIG. 7

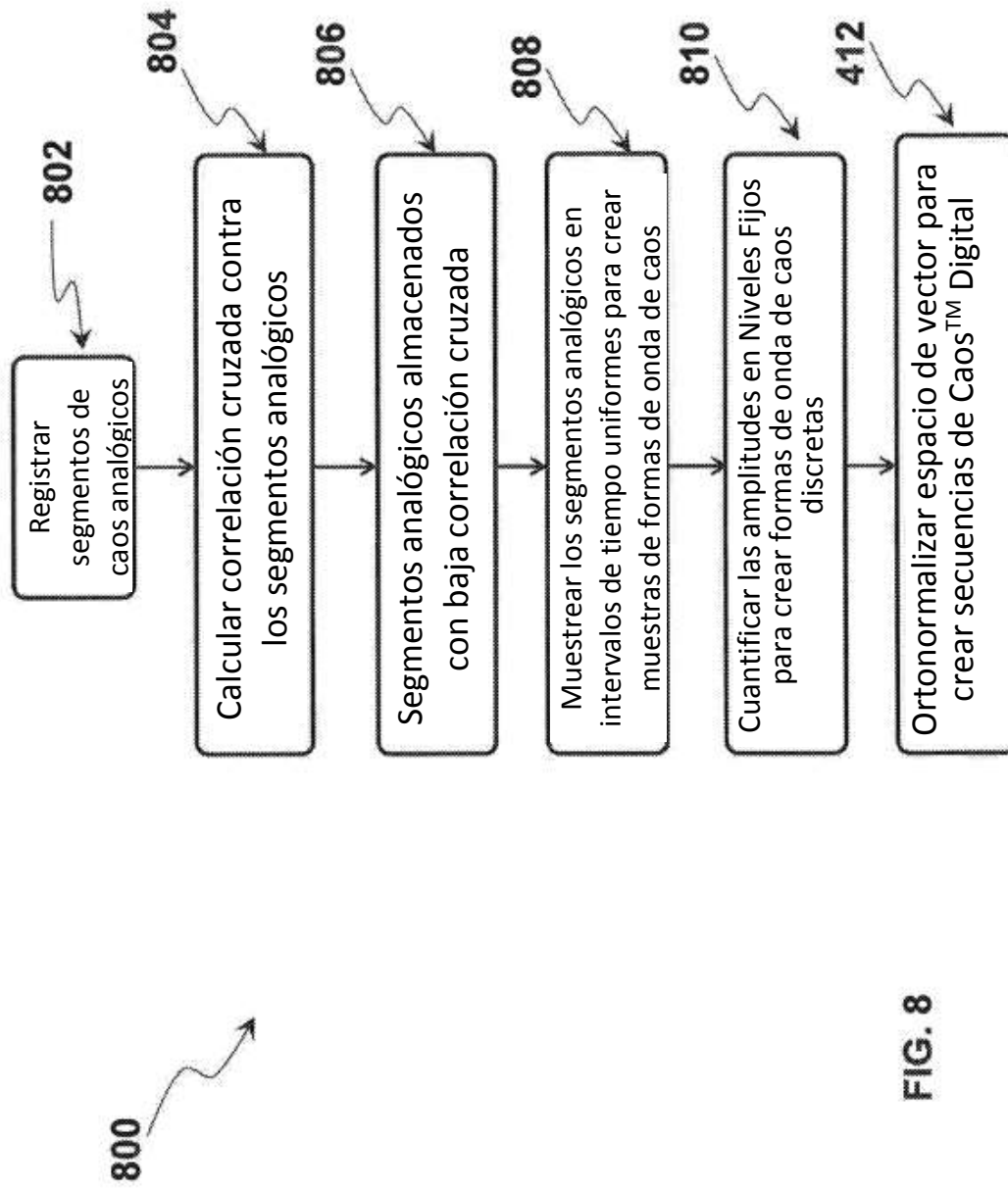


FIG. 8

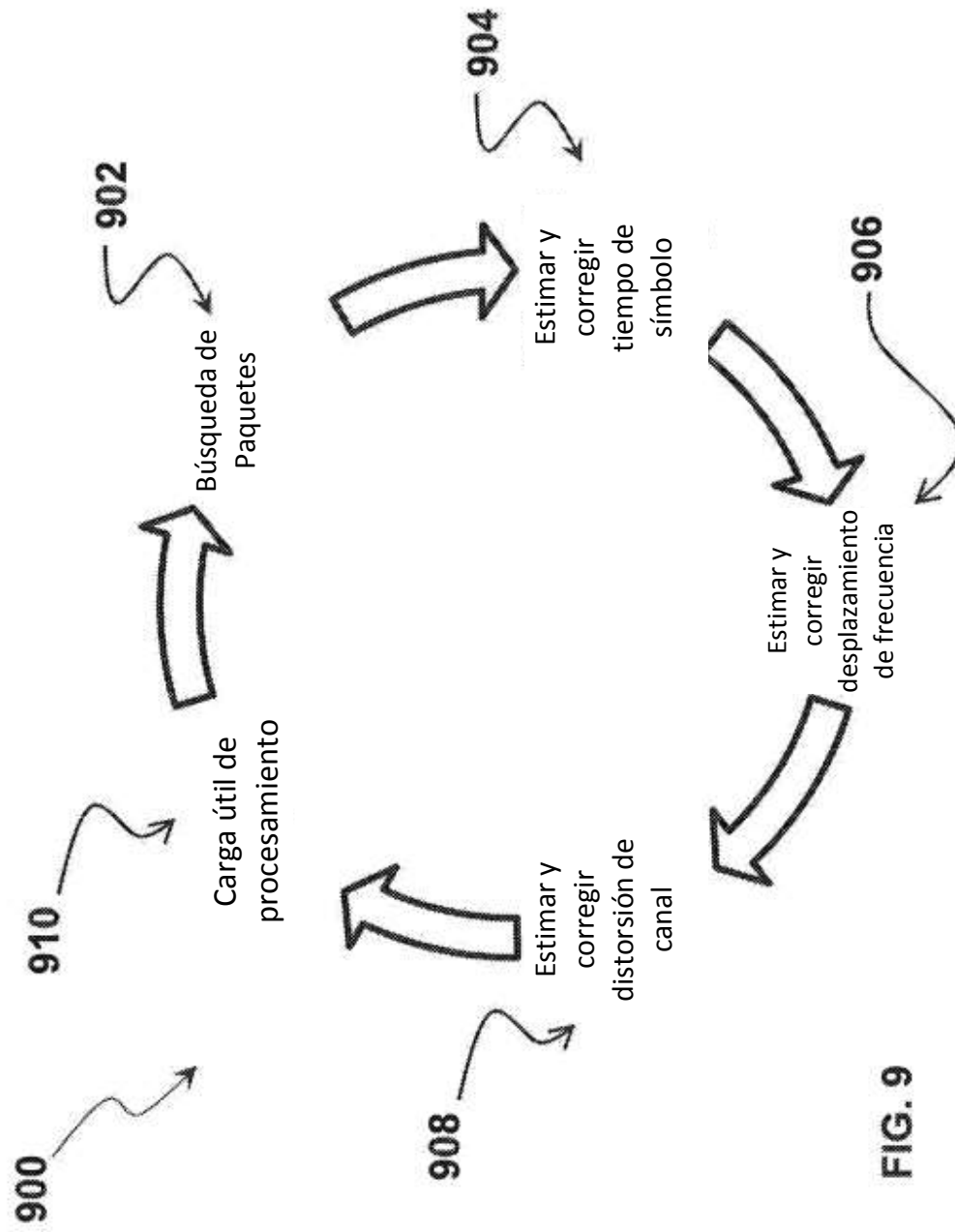


FIG. 9

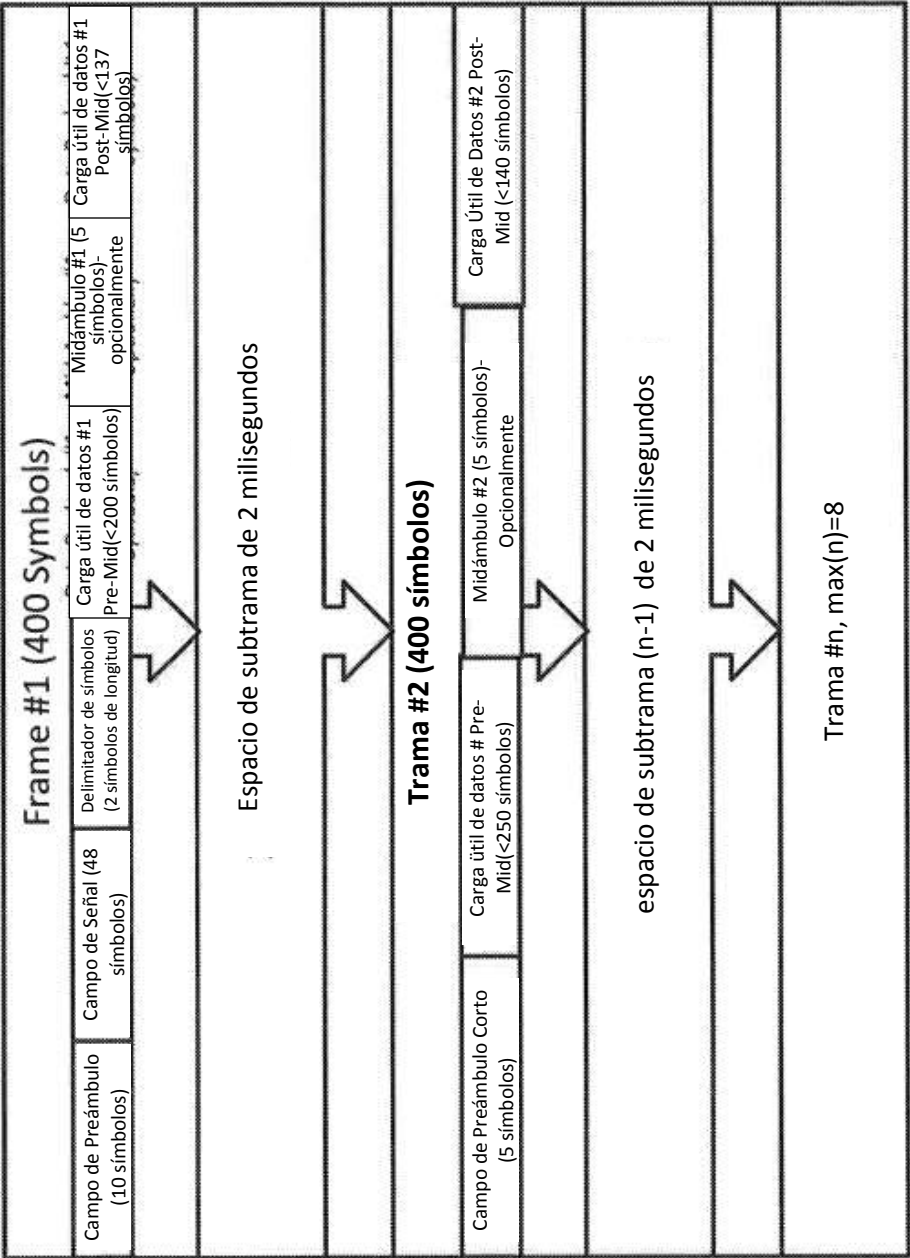


FIG. 10

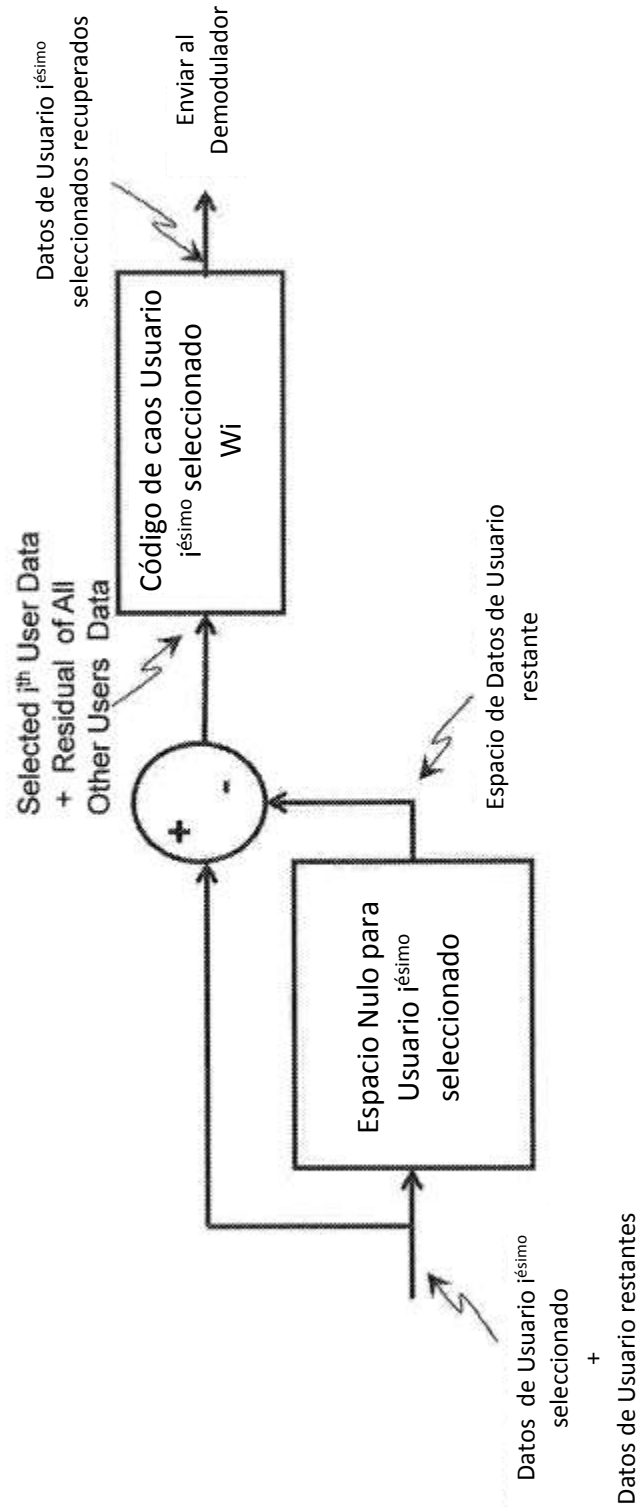


FIG. 11

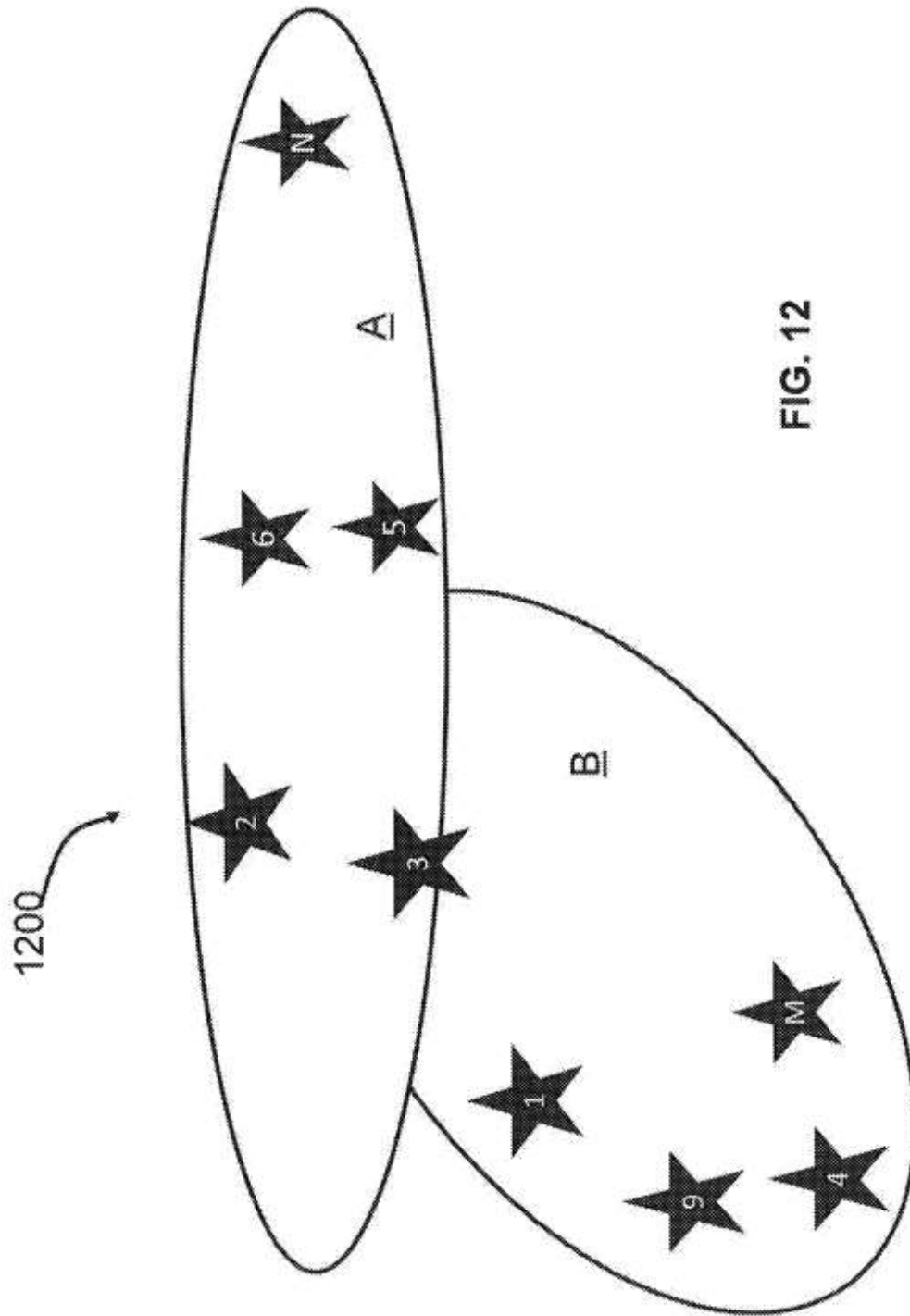


FIG. 12

