

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 961 304**

51 Int. Cl.:

**G06F 16/27** (2009.01)

**G06F 16/901** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2020** **E 20020031 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2023** **EP 3851974**

54 Título: **Sistema y método que implementa un algoritmo de consenso de gráfico acíclico dirigido (DAG) a través de un protocolo epidémico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.03.2024**

73 Titular/es:

**DECARD AG (100.0%)**  
**Industriestrasse 32**  
**9495 Triesen, LI**

72 Inventor/es:

**RASMUSSEN, CARSTEN BLESER**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

ES 2 961 304 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema y método que implementa un algoritmo de consenso de gráfico acíclico dirigido (DAG) a través de un protocolo epidémico

[0001] La presente invención se refiere al campo del intercambio de información relativa, en particular, a una lista de acciones o transacciones, entre nodos informáticos distribuidos conectados en una red específica.

[0002] La invención se refiere a un sistema y un método que implementa un algoritmo de consenso de gráfico acíclico dirigido (DAG), como un algoritmo de consenso Hashgraph a través de un protocolo epidémico.\*\*

[0003] El Hashgraph es conocido en la técnica como una nueva forma de llegar a un consenso en una red descentralizada. A menudo se le denomina algoritmo de votación. El Hashgraph es un gráfico acíclico dirigido (DAG) específico.

[0004] El objetivo de Hashgraph es principalmente llegar a un consenso entre los nodos del sistema de distribución. El algoritmo Hashgraph es una forma de resolver el problema de los generales bizantinos.

[0005] Además, los algoritmos Hashgraph pueden impedir que un atacante apague o congele la red, impidiendo así que alcance un consenso.

[0006] Una idea de esta invención es tener una forma eficiente de intercambiar información entre nodos, así como un método de soporte y un sistema de soporte para Hashgraph u otros sistemas DAG que necesitan intercambiar información DAG.

[0007] La Figura 1 ilustra esquemáticamente un Hashgraph tal como se desarrolla en la técnica. El Hashgraph se basa en una red de nodos informáticos (N<sub>A</sub>, N<sub>B</sub>, N<sub>C</sub>, N<sub>D</sub>, N<sub>E</sub>) dispuestos verticalmente en la figura 1. Cada nodo informático (N<sub>A</sub>, N<sub>B</sub>, N<sub>C</sub>, N<sub>D</sub>, N<sub>E</sub>) puede registrar lo que se llama un evento 1 representado como un círculo, y más detallado en la figura 2. El evento es generalmente una secuencia de información/bytes y memoria, que luego se procesa mediante hash. El evento será registrado por el nodo. El evento comprende una información que se distribuirá a la red. La información generalmente se codifica para protegerla. El Hashgraph permite así distribuir información segura que se distribuye en la red.

[0008] El evento está firmado por el nodo.

[0009] En la implementación de un Hashgraph, un nodo seleccionará aleatoriamente otro nodo y le transmitirá toda la información que obtuvo sobre la comunicación. Esto se repite hasta que la información se propaga por toda la red.

[0010] El Hashgraph implica un número infinito de transmisiones de información en la red. Además, en el algoritmo Hashgraph, un evento siempre incluye una marca de tiempo para alcanzar una marca de tiempo de consenso en la red.

[0011] Con referencia a la figura 2, la información del evento incluye:

- un hash del auto-padre 2 recibido del nodo del auto-padre representado verticalmente en la figura 2. El hash del auto-padre 2 se relaciona con eventos anteriores en la memoria del auto-padre nodo padre;
- un hash del "otro" padre 3 recibido del otro nodo padre representado diagonalmente en la figura 2. El hash del otro padre 3 se relaciona con eventos anteriores en la memoria del otro nodo padre;
- información del evento actual 1 i; y
- una marca de tiempo 4 del evento actual.

[0012] Un objetivo de la invención es limitar/reducir el número de transmisiones de información y disminuir el uso de recursos informáticos en los cálculos, almacenamiento y transmisión de la información.

[0013] Otro objetivo general de la invención es intercambiar información de manera eficiente entre nodos de computadora y evitar que los nodos entren en un eco infinito donde siempre envían información de un lado a otro.

[0014] Otro objetivo es proteger los nodos y determinar fácilmente qué información se debe compartir entre los nodos, sin enviar información innecesaria entre ellos.

[0015] Para cumplir con estos objetivos, la invención se refiere a un método implementado por ordenador \* 1.

[0016] Más precisamente, según un aspecto, el método comprende una etapa para

- hacer que el segundo nodo dado envíe una información de cancelación al primer nodo dado,

cuando el segundo nodo dado recibe la información de referencia del primer nodo dado,

si el segundo nodo dado envió previamente una información de referencia al primer nodo dado, de modo que el primer nodo dado no envía información de evento DAG al segundo nodo dado.

**[0017]** La "información de evento DAG" se refiere a la información que se intercambia en relación con un evento del DAG. En particular, las informaciones están conectadas mediante punteros hash. Significa que el hash de un evento es un hash único (huella digital), y las huellas digitales del hash del padre propio y del otro padre están contenidas en el evento, que actúa como identificadores/punteros únicos entre eventos en el DAG.

**[0018]** Ventajosamente, el método permite limitar el número de transmisiones de información a través de la información de cancelación de manera que el nodo detenga la comunicación de la información. Eso implica disminuir el uso de recursos informáticos en los cálculos, almacenamiento y transmisión de la información.

**[0019]** La idea con esta invención es tener una manera eficiente de intercambiar información entre nodos (epidémico sobre epidémico). Por lo tanto, el método de frente de ola se utiliza como sistema de soporte para Hashgraph u otros sistemas DAG que necesitan intercambiar información DAG.

**[0020]** Además, limita el número de información enviando el estado de la cadena de eventos de cada nodo, que se indica mediante el número de referencia/altitud. De esta manera, el nodo puede decidir si el último evento de una cadena de eventos está detrás o delante de la otra cadena de evento del nodo.

**[0021]** Además, la cancelación permite evitar el eco infinito entre dos nodos.

**[0022]** Además, el método de frente de ola permite proteger los nodos fácilmente y determinar qué información se debe compartir entre los nodos compartiendo el estado de "frente de ola" (que se detalla más adelante) sin enviar información innecesaria entre ellos.

**[0023]** Según otros aspectos del método tomados individualmente o combinados en cualquier combinación técnicamente posible:

- la información de referencia se refiere al orden de los eventos de los nodos; y/o
- el orden de los eventos de los nodos se determina realizando un seguimiento de un valor de ordenadas de cada evento; y/o
- el orden de los eventos de los nodos se determina haciendo que cada nodo realice un seguimiento de un valor entero llamado Altitud, que aumenta para cada evento creado en un nodo; y/o
- la información de referencia se envía mediante un maremoto; y/o
- la información de cancelación se envía a través de ola rompiente; y/o nodo al primer nodo dado es la segunda y última ola de información de evento DAG; y/o
- el método comprende una etapa para enviar otra información de cancelación si un nodo recibe información que no está en una secuencia predeterminada de intercambio de información y/o si un nodo recibe información de un nodo con el que ya intercambió información.

**[0024]** La invención se refiere además a un sistema para intercambiar información según la reivindicación 8.

**[0025]** Las ventajas mencionadas anteriormente para el método también se aplican al sistema que implementa el método.

**[0026]** Según otros aspectos del sistema tomados individualmente o combinados en cualquier combinación técnicamente posible:

- la información de referencia se refiere al orden de los eventos de los nodos; y/o
- el sistema comprende medios para realizar un seguimiento de un valor de ordenadas de cada evento para determinar el orden de los eventos de los nodos; y/o
- el sistema comprende medios para hacer que cada nodo realice un seguimiento de un valor entero llamado Altitud, que aumenta para cada evento creado en un nodo para determinar el orden de los eventos de los nodos; y/o
- el sistema comprende medios para enviar la información de referencia a través de una ola de marea, y medios para enviar la información de cancelación a través de una ola rompiente; y/o
- el sistema comprende medios para limitar el número de transmisiones de información de eventos DAG entre el primer nodo dado y el segundo nodo dado; y/o
- el sistema comprende medios para enviar otra información de cancelación si un nodo recibe información que no está en una secuencia predeterminada de intercambio de información.

**[0027]** Otro objeto de la invención es una red que comprende una o más unidades centrales, en particular, una o más unidades centrales computarizadas, y conexión(es) a unidades de comando adicionales que implementan transacciones, en particular, unidades de comando computarizadas, la(s) unidad(es) central(es) que comprende un sistema según la invención.

**[0028]** La invención se presentará ahora en detalle mediante la descripción de realizaciones no limitativas de la invención y basándose en los dibujos adjuntos, entre los cuales:

- la figura 1 es una ilustración esquemática de un Hashgraph en un método según la técnica anterior;
- la figura 2 es una ilustración esquemática de un evento en el Hashgraph de la figura 1;
- la figura 3 es una ilustración esquemática de un sistema según una forma de realización de la invención;
- la figura 4 es una ilustración esquemática de un Hashgraph en un método según una forma de realización de la invención;
- y
- la figura 5 es una ilustración detallada de los intercambios de información entre dos nodos de la invención.

**[0029]** La invención se refiere al intercambio de información.

**[0030]** La invención incluye implementar un algoritmo de consenso DAG a través de un protocolo epidémico sobre epidémico, tal como un algoritmo de consenso Hashgraph a través de un protocolo epidémico sobre epidémico.

**[0031]** Los medios de la invención distribuyen la información mediante un protocolo epidémico, enviando información sobre los datos recibidos del resto de nodos de una red específica 5.

**[0032]** La invención se refiere a un método implementado por computadora, así como al correspondiente sistema 5a y red 5. El método de la invención permite procesar e intercambiar información, tal como la que se necesita con respecto a las transacciones de cadena de bloques y las aplicaciones de Hashgraphs.

**[0033]** El DAG, como un Hashgraph, se utiliza para intercambiar información entre nodos informáticos distribuidos conectados en una red específica. La información está asegurada y codificada. La información del DAG/Hashgraph transmitida se denominará "información del evento DAG".

**[0034]** Un protocolo epidémico implica que los nodos informáticos se transmiten entre sí la información que tienen en la memoria.

**[0035]** El método de la invención comprende una etapa para determinar un orden de eventos de nodo para determinar los eventos de nodo que están al frente y los eventos de nodo que están detrás.

**[0036]** En la forma de realización, el orden delante y detrás no se basa en el tiempo. Esta forma de realización no necesita el consenso de tiempo. Ventajosamente, esto evita el problema de tener que hacer eco del nodo informático para acordar al mismo tiempo.

**[0037]** Determinar el orden de los eventos para saber qué evento está delante y cuál detrás. De esta manera la información sobre el evento es más precisa. Preferiblemente, esta determinación no se limita a tener una marca de tiempo del nodo en el evento.

**[0038]** Según una forma de realización de la invención, el orden de los eventos de los nodos se determina realizando un seguimiento de un valor de ordenadas de cada evento. Ventajosamente, el uso de un valor de ordenadas evita el problema de que los nodos del ordenador de eco coincidan al mismo tiempo.

**[0039]** En particular, el orden de los eventos de los nodos se determina haciendo que cada nodo realice un seguimiento de un valor entero llamado Altitud, que aumenta con cada evento creado en un nodo. Las altitudes juegan un papel en el procesamiento de la información.

**[0040]** En otra etapa del método de la invención, un primer nodo  $N_1$  determinado selecciona aleatoriamente un segundo nodo  $N_4$  determinado y puede enviarle información de evento DAG 6, 7 en las redes. De manera más general, el sistema está hecho de manera que el primer nodo  $N_1$  seleccione un segundo nodo dado  $N_4$  aleatoriamente y, si corresponde, envíe información de evento DAG (6, 7).

**[0041]** Todos los nodos  $N_0, N_1, \dots, N_5, \dots$  de la red 5 proceden así hasta que la información del evento DAG (6, 7) se propaga en la red 5.

**[0042]** La invención tiene como objetivo evitar algunas transmisiones de información de eventos DAG y aún así hacer que la información relevante se propague en la red 5.

**[0043]** Según la invención, el método comprende una etapa para, cuando el primer nodo dado  $N_1$  selecciona aleatoriamente el segundo nodo dado  $N_4$ , hacer que el primer nodo dado  $N_1$  envíe al segundo nodo dado  $N_4$  una información de referencia específica (8) antes de enviar cualquier información de evento DAG (6, 7). El envío de la información de referencia puede denominarse maremoto. el maremoto es un flujo de información.

**[0044]** El "maremoto" podrá definir un valor de altitud para cada nodo. Cada nodo realiza un seguimiento del evento DAG; esto significa que cada nodo tiene la altitud actual conocida por el nodo para cada nodo.

**[0045]** En particular, la información de referencia (8) se refiere al orden de los eventos de los nodos. Más particularmente, la información de referencia 8 comprende las altitudes anteriores, aquí, una lista de todas las altitudes para cada nodo.

**[0046]** Además, según la invención, el método comprende una etapa para enviar una información de cancelación (9) al primer nodo  $N_1$  dado bajo ciertas condiciones para evitar una transmisión adicional de información de eventos DAG, 7 desde el primer nodo  $N_1$  dado al segundo nodo  $N_4$  dado. El envío de la información de cancelación 9 puede denominarse ola rompiente. La ola rompiente es un flujo de información enviado como respuesta, para que el nodo vuelva al estado inicial.

**[0047]** La información de cancelación 9 se envía cuando el segundo nodo dado  $N_4$  recibe la información de referencia 8 del primer nodo dado  $N_1$  si, en vista de la información de referencia 8, los eventos del segundo nodo dado  $N_4$  no están delante de los del primer nodo dado  $N_1$ . Esto se hace fácilmente al analizar las altitudes.

**[0048]** La información de cancelación 9 puede ir directamente desde el segundo nodo  $N_4$  al primer nodo  $N_1$  en la forma de realización preferida.

**[0049]** El método comprende además una etapa para, como consecuencia de la información de cancelación, impedir que el primer nodo  $N_1$  dado envíe información de evento DAG al segundo nodo  $N_4$  dado.

**[0050]** En otras palabras: el segundo nodo  $N_4$  dado envía una información de cancelación al primer nodo  $N_1$  dado, de manera que el primer nodo  $N_1$  dado no envía información de evento DAG al segundo nodo  $N_4$  dado.

**[0051]** Ventajosamente, el método permite limitar el número de transacciones a través de la información de cancelación de manera que el nodo detenga la comunicación de la información. Esto implica disminuir el uso de recursos informáticos en los cálculos, almacenamiento y transmisión de la información.

**[0052]** Si, en vista de la información de referencia (8), los eventos del segundo nodo  $N_4$  dado están delante de los del primer nodo  $N_1$  dado, entonces continúa la transmisión de información de evento DAG.

**[0053]** En particular, el segundo nodo  $N_4$  envía la información del evento DAG, incluidos los eventos que tiene en la memoria, al primer nodo  $N_1$ . Este primer envío de información de evento DAG puede denominarse primera ola 6. La primera ola es un flujo de información conocido como tal por el experto en la técnica. La información de eventos DAG de la primera ola 6 incluye una lista de todos los eventos que el segundo nodo dado  $N_4$  tiene en la memoria.

**[0054]** Además, en particular, después de que el primer nodo  $N_1$  dado reciba la información del evento DAG del segundo nodo  $N_4$  dado, el primer nodo  $N_1$  dado puede enviar la información del evento DAG, incluidos los eventos que tiene en la memoria, al segundo nodo  $N_4$  dado. Este segundo envío de información de eventos DAG puede denominarse Segunda ola (7). La Segunda ola es un flujo de información conocido como tal por el experto en la técnica.

**[0055]** Después de la primera y la segunda oleada, se detienen los intercambios de información entre el primer nodo  $N_1$  y el segundo nodo  $N_4$ .

**[0056]** Esta es una segunda forma de evitar el eco infinito de la información transmitida. En otras palabras, cuando se recibe/envía la segunda ola, el estado de ola para este nodo ID vuelve al estado inicial.

**[0057]** Según una forma de realización preferida, el método incluye una etapa de enviar otra (segunda) información de cancelación si un nodo recibe información que no está en una secuencia predeterminada de intercambio de información, en particular la secuencia de primero la información de referencia (8), luego la primera ola (6) y, a continuación, la segunda ola (7) de la información del evento DAG. La información de cancelación es en particular del mismo tipo que anteriormente, pero se activa si, por ejemplo, el segundo nodo  $N_4$  dado recibe primero una segunda ola.

**[0058]** Según otra forma de realización, el método incluye una etapa de enviar otra (tercera) información de cancelación si un nodo recibe información de un nodo con el que ya intercambió información. La información de cancelación es en particular del mismo tipo que anteriormente, pero se activa si, por ejemplo, el segundo nodo  $N_4$  dado recibe posteriormente otra información de referencia 8 del primer nodo  $N_1$ . Ventajosamente, estos pasos limitan aún más la redundancia/eco con respecto a la transmisión de información.

**[0059]** La invención se refiere además a un sistema 5a para implementar el método descrito anteriormente. El sistema 5a es un sistema computarizado y comprende módulos de hardware y software inherentes configurados para implementar el método descrito anteriormente. Puede denominarse sistema de frente de ola 5a.

**[0060]** El sistema 5a permite intercambiar información entre nodos informáticos distribuidos conectados en una red específica, implementando un algoritmo de consenso DAG/Hashgraph a través de un protocolo epidémico sobre epidémico.

**[0061]** El sistema 5a comprende medios para determinar un orden de eventos de nodo para determinar eventos de nodo que están delante y eventos de nodo que están detrás;

- 5 - medios para hacer que un primer nodo dado  $N_1$  seleccione un segundo nodo dado  $N_4$  aleatoriamente y envíe una información de referencia (8) y, cuando corresponda, información de evento DAG (6, 7),
- medios para propagar la información de evento DAG (6, 7) en la red 5.

10 **[0062]** Según un aspecto, el sistema 5a comprende

- medios para hacer que el segundo nodo  $N_4$  dado envíe una información de cancelación al primer nodo  $N_1$  dado, cuando el segundo nodo  $N_1$  dado recibe la información de referencia del primer nodo  $N_1$  dado, si el segundo nodo  $N_1$  dado el nodo  $N_4$  envió previamente la información de referencia al primer nodo  $N_1$  dado,
- medios para impedir, en consecuencia, que el primer nodo  $N_1$  dado envíe información de evento DAG al segundo nodo  $N_4$  dado.

20 **[0063]** El sistema 5a comprende además preferiblemente medios para enviar otra información de cancelación si un nodo recibe información que no está en una secuencia predeterminada de intercambio de información; y/o si un nodo recibe información de un nodo con el que ya intercambió información.

25 **[0064]** Las ventajas mencionadas anteriormente para el método también se aplican al sistema que implementa el método.

30 **[0065]** Otro objeto de la invención es una red que comprende una o más unidades centrales 10, en particular, una o más unidades centrales informatizadas, y conexiones 12 a unidades de comando adicionales 11 que implementan transacciones, en particular, unidades de comando informatizadas comprendiendo la(s) unidad(es) central(es) un sistema 5a como se describe anteriormente. Esto puede denominarse red de frente de ola. La red se puede conectar a través de Internet a las unidades de mando adicionales.

35 **[0066]** Las ventajas mencionadas anteriormente para el método y el sistema 5a también se aplican a la red 5 que incluye el sistema 5a correspondiente.

Ejemplo

**[0067]** Un ejemplo se describe en detalle en las figuras 4 y 5.

40 **[0068]** La figura 4 muestra un Hashgraph de información epidémico que representa el flujo de información entre los nodos de red  $N_0, N_1, N_2, \dots, N_5$ . Otros nodos están preferiblemente en la misma red, pero no están representados.

**[0069]** En un tiempo finito, todos los nodos de la red podrán crear el mismo evento-DAG.

45 **[0070]** Cada línea vertical representa un nodo de cálculo y cada círculo un evento. Las líneas entre los eventos representan la comunicación de los eventos entre los nodos.

50 **[0071]** Los eventos que solo ven los respectivos Nodos están en círculos blancos con líneas continuas. Los eventos vistos por dos o más nodos están en círculos blancos con líneas discontinuas. Los últimos eventos del nodo respectivo están en círculos de colores lisos.

**[0072]** El último evento a crear es un círculo de puntos.

55 **[0073]** El algoritmo Hashgraph utiliza un protocolo epidémico llamado "epidémico sobre epidémico" para propagar información entre los nodos. Esto significa que un primer nodo  $N_1$  envía toda la información de la comunicación que conoce a un segundo nodo  $N_4$  seleccionado aleatoriamente. Esto permite al nodo  $N_4$  construir el mismo Hashgraph que el nodo  $N_1$ .

60 **[0074]** En la red de la invención 5, se utiliza un protocolo llamado de frente de ola para intercambiar información entre dos nodos, asegurando que los nodos  $N_1$  y  $N_4$  solo necesitan comunicarse tres veces para intercambiar el estado del gráfico.

**[0075]** Cada nodo realiza un seguimiento de un valor entero llamado Altitud. La altitud aumenta en uno por cada evento creado por el nodo. Cada nodo almacena su vista actual de Altitud para cada nodo de la red.

65

**[0076]** Al intercambiar información sobre la altitud entre dos nodos, ambos pueden determinar cuál de los eventos está delante.

**[0077]** Para determinar qué evento está en el evento actual y al evento recibido se le resta este valor es mayor que 0 significa que el evento actual está delante del evento recibido y viceversa.

$$\alpha_{\text{corriente}} - \alpha_{\text{recibido}} < 0$$

si el evento recibido está delante del evento actual.

**[0078]** El intercambio de información de frente de ola tiene cuatro estados:

1. El nodo  $N_1$  selecciona aleatoriamente el nodo  $N_4$  y envía una lista de las últimas altitudes conocidas para cada nodo. Este estado se llama maremoto.
2. El nodo  $N_4$  recibe un maremoto del nodo  $N_1$ . Si, según el maremoto, los eventos del nodo  $N_4$  no están delante de los eventos del nodo  $N_1$ , entonces el nodo  $N_4$  enviará lo que se llama ola rompiente al nodo  $N_1$ . De lo contrario, el nodo  $N_4$  devolverá una lista de todos los eventos que están delante del Maremoto del Nodo  $N_1$ . Este estado se llama primera ola.
3. Si el Nodo  $N_1$  recibe una primera ola del Nodo  $N_4$ , devuelve una lista de todos los eventos que están delante del Nodo  $N_4$ . Cuando se alcanza este estado, finaliza el intercambio de frente de ola.
4. Si el Nodo  $N_1$  o el Nodo  $N_4$  reciben una ola rompiente, la comunicación del frente de ola se interrumpe.

**[0079]** Respecto al estado 2, de forma alternativa o en combinación, si el Nodo  $N_4$  ya intercambió información con el nodo  $N_1$  a través de un Maremoto anterior, entonces el Nodo  $N_4$  enviaría una ola rompiente. Además, de forma alternativa o en combinación, si el Nodo  $N_4$  recibiera al principio una segunda ola del nodo  $N_1$ , entonces el Nodo  $N_4$  enviaría una ola rompiente.

**[0080]** Esto evita que ambos nodos entren en un eco infinito en el que envían información de un lado a otro para siempre.

**[0081]** En la red, un nodo suele tener muchas conexiones de frente de ola simultáneas, por lo que a veces recibirá el mismo paquete de eventos de otros nodos. Simplemente eliminará cualquier evento duplicado que reciba.

**[0082]** Los ejemplos de las Figuras 4 y 5 ilustran eventos y se muestran valores de altitud.

**[0083]** El nodo 1 se sincroniza con el nodo  $N_4$ . El evento b5 (coloreado) es el último evento generado por el nodo  $N_1$  y todos los eventos anteriores conocidos por b5 están debajo de la línea de puntos.

**[0084]** El evento e5 (de color) es el último evento generado por el Nodo  $N_4$  y todos los eventos anteriores conocidos por este evento están debajo de la línea discontinua.

**[0085]** Todos los eventos conocidos tanto por b5 como por e5 se dibujan como círculos discontinuos.

**[0086]** El frente de ola del nodo  $N_1$  (marcado con la línea de puntos) es la lista de todas las altitudes de los últimos eventos conocidos.

**[0087]** Esto significa que el nodo de frente de ola  $N_1$  es

$$W_{1,b5} = [-3, -2, 1, -1, 0, 2]$$

**[0088]** Lo mismo para el Nodo  $N_4$  marcado con una línea discontinua azul

$$W_{4,e5} = [-4, -6, -1, -2, 3, 4]$$

**[0089]** Los pasos de la comunicación son los siguientes:

**[0090]** El primer nodo  $N_1$  es el primero en estado inactivo en la parte inferior de la figura. El primer nodo  $N_1$  inicia un chisme hacia el segundo nodo  $N_4$  y pasa a un estado inicial /.

1. Frente de ola inicial:

**[0091]** El nodo  $N_1$  se conecta al nodo  $N_4$  y envía el frente de ola  $W_{1,b5}$  al nodo  $N_4$ .

**[0092]** Este mensaje está marcado como tipo Maremoto. Esto hace que el Nodo 4 pase de un estado inactivo a un estado de Maremoto T.

2. Si se recibe un mensaje marcado como tipo Maremoto:

**[0093]** El nodo  $N_4$  recibe el frente de ola y lo compara con su frente de ola  $W_{4,e5}$  y recopila todos los eventos que están delante de  $W_{1,b5}$ , esto significa que los eventos  $e3$ ,  $e4$ ,  $e5$ ,  $f3$  y  $f4$  se devuelven al nodo  $N_1$ .

5 **[0094]** Este mensaje está marcado como del tipo de primera ola. Hace que el Nodo  $N_1$  pase al estado  $F$  de primera ola.

3. Si se recibe un mensaje marcado primera ola:

10 **[0095]** El nodo  $N_1$  recibe el frente de ola del nodo  $N_4$  y almacena los eventos que desconoce el nodo  $N_1$ .

**[0096]** El frente de ola recibido se comprará con su frente de ola y los eventos frente al frente de ola recibido se recopilan y devuelven al nodo  $N_1$ .

15 **[0097]** Lo recogido en este ejemplo es  $a1$ ,  $b1$ ,  $b2$ ,  $b4$ ,  $b5$ ,  $c2$ ,  $c3$  y  $d3$ .

**[0098]** Este mensaje está marcado como del tipo de segunda ola. Hace que el nodo  $N_4$  pase al estado  $S$  de segunda ola.

20 **[0099]** Si el Nodo  $N_4$  ya ha enviado un mensaje de la primera ola al Nodo  $N_1$ , el Nodo  $N_4$  enviará un mensaje marcado como de tipo ola rompiente al Nodo 1 y deberá establecer el estado de comunicación con el Nodo  $N_1$  en ninguno.

4. Si se recibe un mensaje marcado como segunda ola:

25 **[0100]** Los eventos se almacenan si el Nodo  $N_4$  los desconoce.

5. Si se recibe un mensaje marcado ola rompiente:

**[0101]** Este estado de comunicación del canal recibido se establece en ninguno.

30 **[0102]** El flujo de comunicación del ejemplo se muestra en la Figura 5.

**[0103]** En este ejemplo, el maremoto 8 incluye la lista de altitudes  $W_{1,b5} = [-3, -2, 1, -10, 2]$ .

35 **[0104]** La primera ola 6 incluye la lista de altitudes  $W_{4,e5} = [-4, -6, -1, -2, 3, 4]$ , y también la lista de eventos 1:  $\{e3, e4, e5, f3, f4\}$ .

**[0105]** La segunda ola 7 incluye la lista de eventos 1:  $\{a1, b1, b2, b4, b5, c2, c3, d3\}$ .



## REIVINDICACIONES

1. Método implementado por computadora para intercambiar información entre nodos de computadora distribuidos conectados en una red específica, el método que implementa un algoritmo de consenso de gráfico acíclico dirigido, DAG, que es un algoritmo de consenso de Hashgraph, mediante el uso de un protocolo epidémico sobre epidémico, comprendiendo el método pasos para
  - hacer que un primer nodo dado ( $N_1$ ) seleccione un segundo nodo dado ( $N_4$ ) aleatoriamente y envíe información de referencia (8);
  - determinar en base a la información de referencia (8) qué eventos de nodo están delante del otro ( $N_1$ ); **caracterizándose** el método por:
  - Si la información de referencia (8) implica que los eventos del primer nodo dado ( $N_1$ ) están delante de los eventos del segundo nodo dado ( $N_4$ ),
    - entonces enviar una información de cancelación (9) al primer nodo dado ( $N_1$ ), impidiendo, en consecuencia, que el primer nodo dado ( $N_1$ ) envíe información de evento DAG al segundo nodo dado ( $N_4$ );
  - Si la información de referencia (8) implica que los eventos del segundo nodo dado ( $N_4$ ) están delante de los eventos del primer nodo dado ( $N_1$ ),
    - entonces hacer que el primer nodo dado ( $N_1$ ) envíe un evento DAG información (6) al segundo nodo dado ( $N_4$ );
    - luego hacer que el segundo nodo dado ( $N_4$ ) envíe información de evento DAG (7) al primer nodo dado ( $N_1$ );
  - y así sucesivamente para otros nodos, para sincronizar y propagar la información del evento DAG (6, 7) a través de la red.
2. Método implementado por ordenador según la reivindicación anterior, en el que la información de referencia se refiere al orden de los eventos de los nodos.
3. Método implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el orden de los eventos de los nodos se determina realizando un seguimiento de un valor de ordenadas de cada evento.
4. Método implementado por ordenador según la reivindicación anterior, en el que el orden de los eventos de los nodos se determina haciendo que cada nodo realice un seguimiento de un valor entero llamado Altitud, que aumenta con cada evento creado en un nodo.
5. Método implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la información de referencia se envía a través de un primer flujo de información (8), y/o la información de cancelación se envía a través de un primer segundo flujo de información (9).
6. Método implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el segundo envío de información de evento DAG desde el segundo nodo dado al primer nodo dado es la segunda y última ola de información de evento DAG.
7. Método implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa para enviar otra información de cancelación si un nodo recibe información que no está en una secuencia predeterminada de intercambio de información y/o si un nodo recibe información de un nodo con que ya intercambió información.
8. Sistema para intercambiar información entre nodos informáticos distribuidos conectados en una red específica, implementando el sistema un algoritmo de consenso de Gráfico Acíclico Dirigido, DAG, que es un algoritmo de consenso Hashgraph, mediante el uso de un protocolo epidémico sobre epidémico, comprendiendo el sistema
  - medios para hacer un primer nodo dado ( $N_1$ ), seleccionar un segundo nodo dado ( $N_4$ ) aleatoriamente y enviar información de referencia (8);
  - medios para determinar basándose en la información de referencia (8) qué eventos de nodo están delante de los demás;**caracterizado por**
  - medios para enviar una información de cancelación (8) al primer nodo dado ( $N_1$ ) si la información de referencia (8) implica que los eventos del primer nodo dado ( $N_1$ ) están delante de los eventos del segundo nodo dado ( $N_4$ ), impidiendo, en consecuencia, que el primer nodo dado ( $N_1$ ) envíe información de evento DAG (6, 7) al segundo nodo dado ( $N_4$ ); y
  - medios para hacer que el primer nodo dado envíe información de evento DAG (6) al segundo nodo dado ( $N_4$ )

si la información de referencia (8) implica que los eventos del segundo nodo dado ( $N_4$ ) están delante de los eventos del primer nodo dado ( $N_1$ ),

5                   --y medios para hacer que el segundo nodo dado ( $N_4$ ) envíe información de evento DAG (7) al primer nodo dado ( $N_1$ );

- y así sucesivamente para otros nodos, para sincronizar y propagar la información del evento DAG (6, 7) a través de la red.

10   9. Sistema según la reivindicación anterior, en el que la información de referencia se refiere al orden de los eventos de los nodos.

15   10. Sistema según la reivindicación 8 o 9, que comprende medios para realizar un seguimiento de un valor de ordenadas de cada evento para determinar el orden de los eventos de los nodos.

11. Sistema según la reivindicación anterior, que comprende medios para hacer que cada nodo realice un seguimiento de un valor entero denominado Altitud, que aumenta para cada evento creado en un nodo para determinar el orden de los eventos de los nodos.

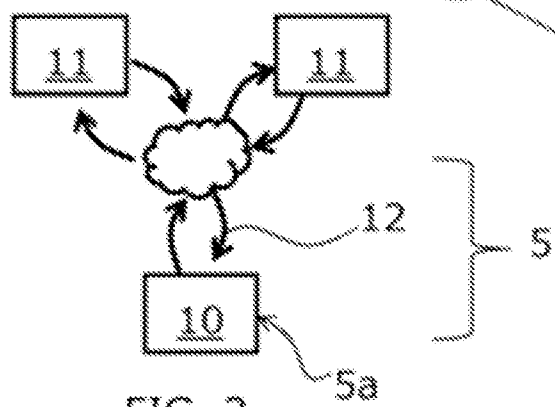
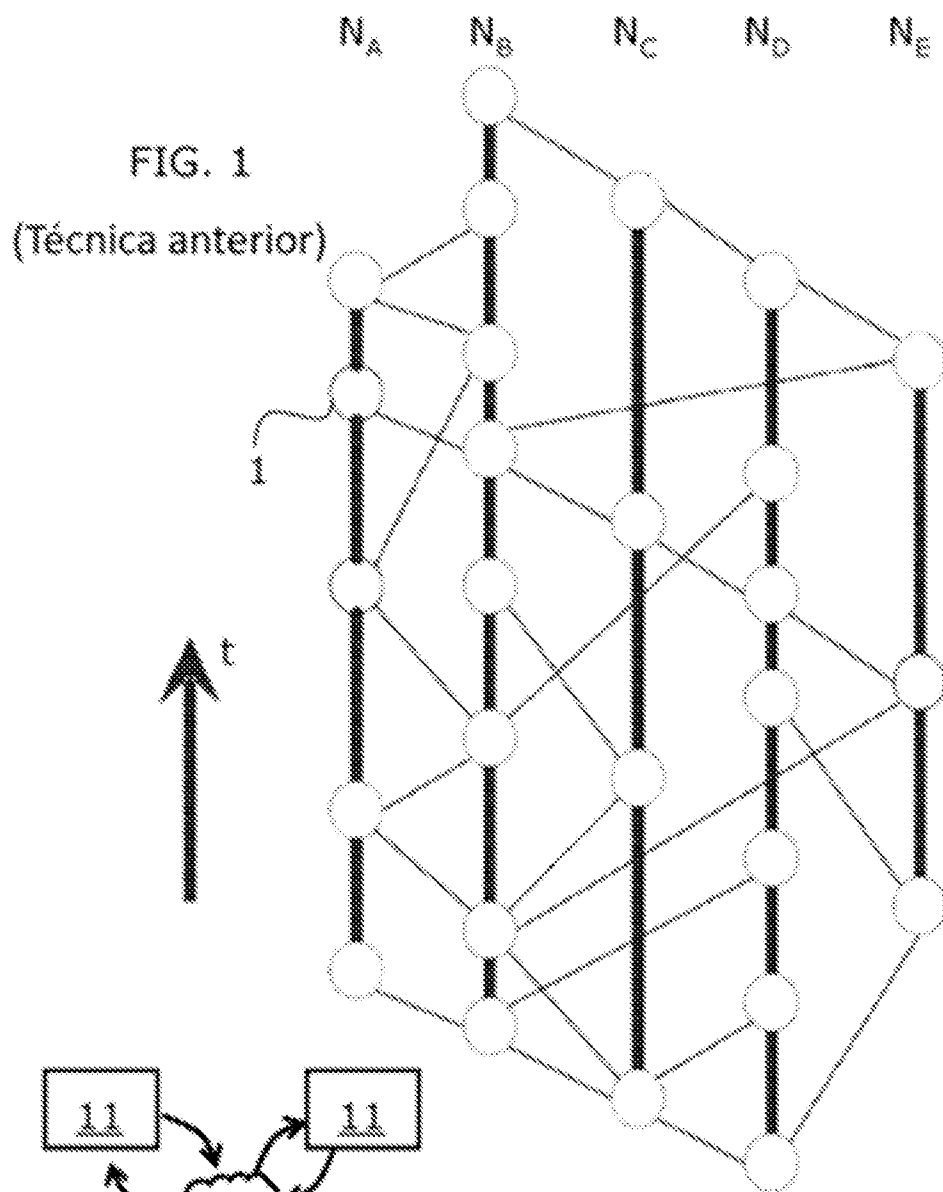
20   12. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende medios para enviar la información de referencia a través de un primer flujo de información (8), y medios para enviar la información de cancelación a través de un segundo flujo de información (9).

25   13. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado por** medios para limitar el número de transmisiones de información de eventos DAG entre el primer nodo dado ( $N_1$ ) y el segundo nodo dado ( $N_4$ ).

14. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, que comprende medios para enviar otra información de cancelación si un nodo recibe información que no está en una secuencia predeterminada de intercambio de información; y/o si un nodo recibe información de un nodo con el que ya intercambió información.

30   15. Red que comprende una o más unidades centrales, en particular, una o más unidades centrales computarizadas (10), y conexión(es) (12) a unidades de comando adicionales (11) que implementan transacciones, en particular, unidades de comando computarizadas, la(s) unidad(es) central(es) (10) que comprenden un sistema (5a) según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14.

35



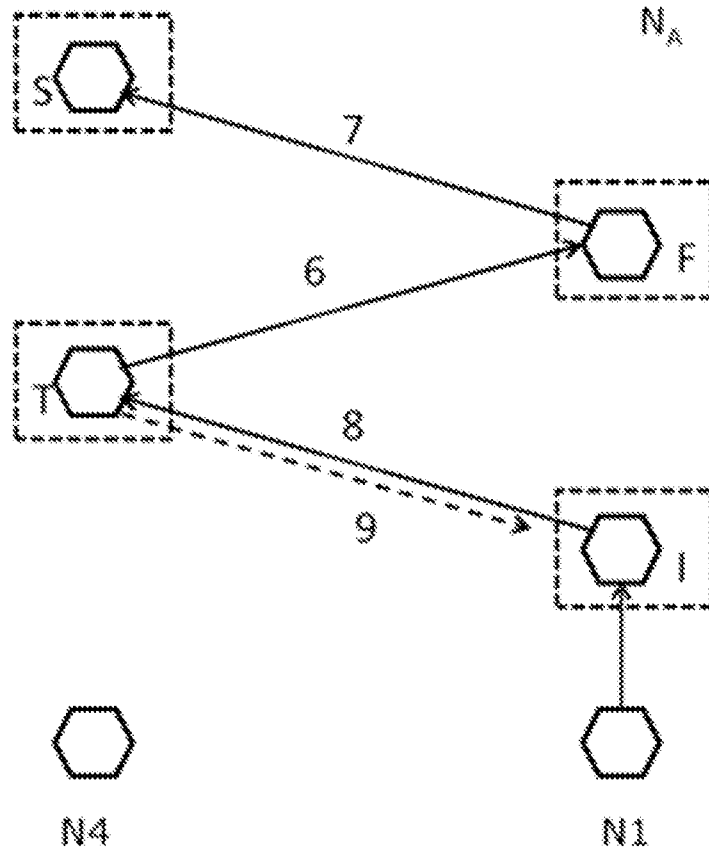
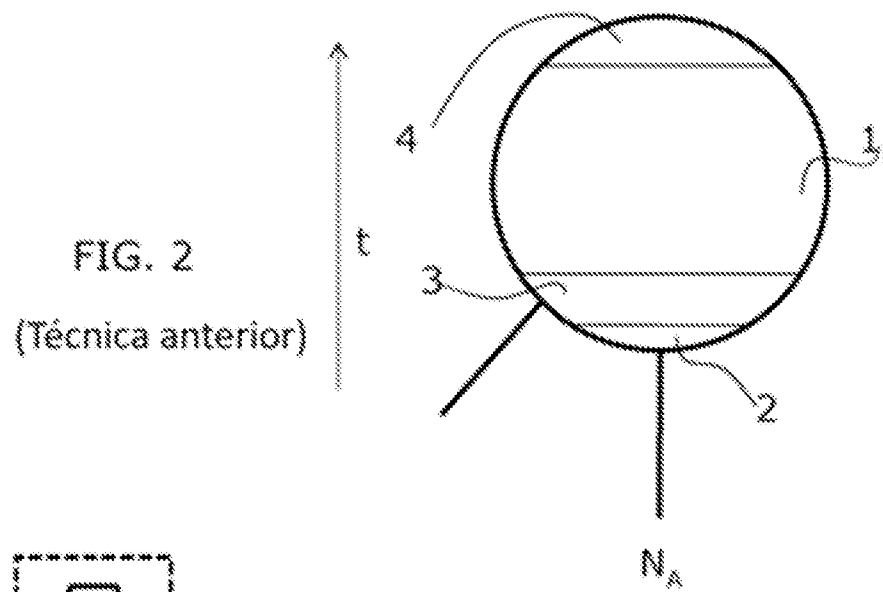


FIG. 5

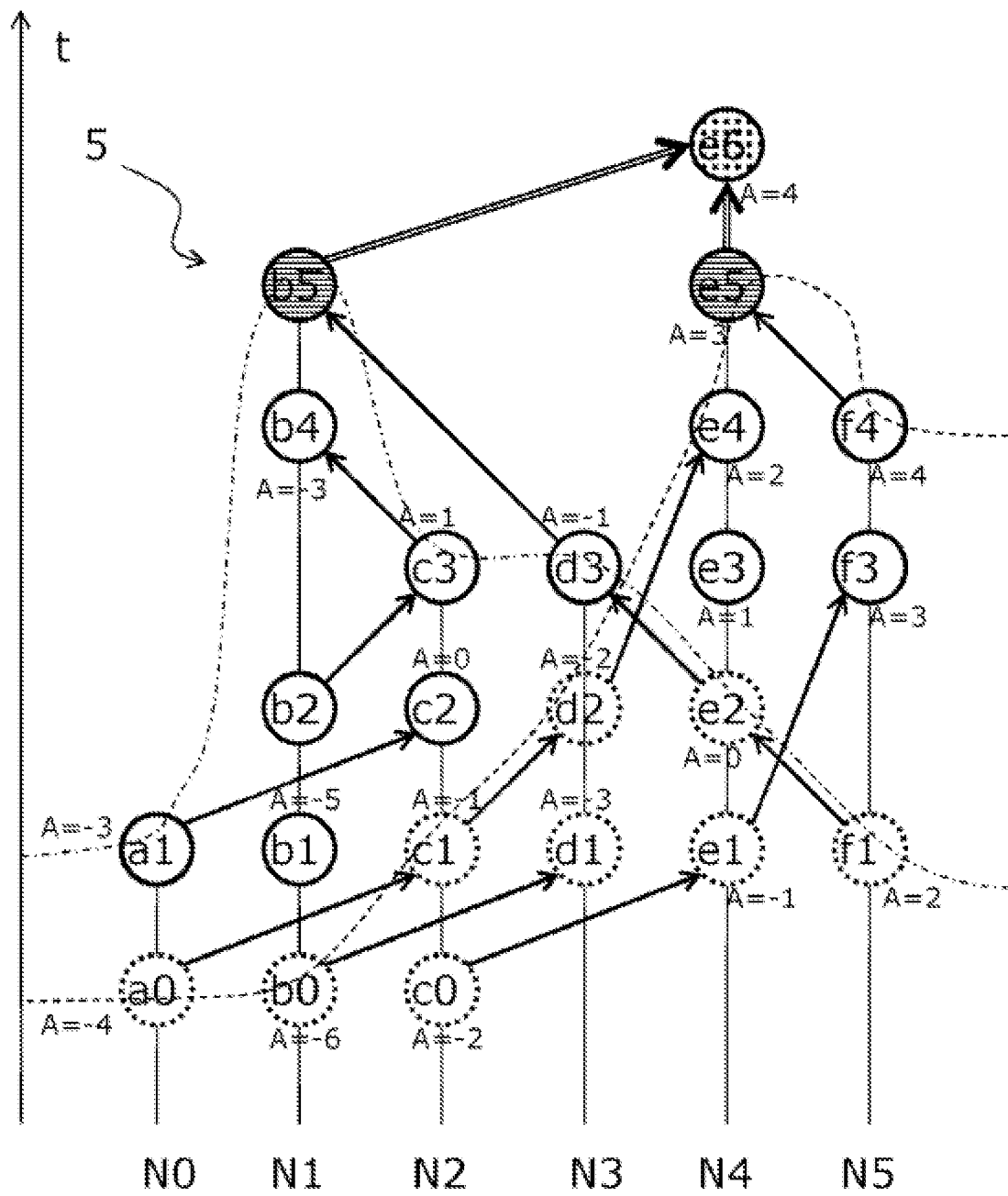


FIG. 4