

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 652**

51 Int. Cl.:

G01W 1/16 (2006.01)

G01W 1/02 (2006.01)

G01R 29/08 (2006.01)

G01S 13/95 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2013 E 18164597 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3379301**

54 Título: **Utilización de datos de rayos para generar datos de reflectividad de proxy**

30 Prioridad:

18.01.2012 US 201261588087 P

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

20.04.2020

73 Titular/es:

**EARTH NETWORKS, INC. (100.0%)
12410 Milestone Center Drive, Suite 300
Germantown, MD 20876, US**

72 Inventor/es:

**LIU, CHONGLIN;
MARSHALL, ROBERT, S.;
NOVAKOVSKAIA, ELENA y
SLOOP, CHRISTOPHER, DALE**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 754 652 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

Utilización de datos de rayos para generar datos de reflectividad de proxy

Campo de la invención

5 La materia objeto de esta solicitud se refiere en general al uso de datos de actividad de los rayos capturados por una red de detección de rayos para generar datos de reflectividad de proxy.

Antecedentes

10 Tradicionalmente, los meteorólogos se han basado en datos obtenidos de redes con base en radares (por ejemplo, National Weather Service) para analizar la gravedad de los sistemas meteorológicos sobre una gran área geográfica. Las redes con base en radares se utilizan para generar imágenes que representan la ubicación, movimiento e intensidad de los fenómenos meteorológicos, como la precipitación. Sin embargo, el despliegue de dichas redes con base en radares es costoso. Por ejemplo, muchos países subdesarrollados o en desarrollo no tienen la infraestructura o los recursos para apoyar la instalación de una red basada en radar. Adicionalmente, las redes con base en radares son susceptibles a puntos ciegos u orificios en la cobertura de la red (es decir, áreas que el radar no puede alcanzar) debido a limitaciones de altura y obstáculos geográficos como montañas o grandes masas de agua.

15 Más recientemente, las redes de detección de rayos (por ejemplo, la Earth Networks Total Lightning Network (TLN) se ha instalado para monitorizar la intensidad y la frecuencia de la actividad de los rayos. Las redes de detección de rayos rastrean los rayos de nube a tierra y dentro de nubes. Debido a que los rayos se asocian a menudo con el clima severo (por ejemplo, tornados, granizo), los datos generados por las redes de detección de rayos se utilizan para identificar la ubicación de sistemas de climas potencialmente peligrosos y emitir alertas a las personas en el área afectada. La instalación de una red de detección de rayos normalmente es mucho más barata que la instalación de una red similar con base en radar. También, las redes de detección de rayos pueden ver más alto en la atmósfera que las redes con base en radares y, a menudo, se pueden instalar para cubrir áreas geográficas que no pueden cubrir las redes con base en radares, sin agujeros o puntos ciegos. Iskenderian, "Cloud-to-ground lightning as a proxy for nowcasts of VIL and echo tops", P.1.23, 13th conference on aviation, range and aerospace meteorology, New Orleans, LA, USA., 20 de enero de 2008, se refiere a las correlaciones entre datos de impacto de rayos, datos de agua líquida integrados verticalmente y datos de tope de altura de eco.

Resumen de la invención

20 Las técnicas descritas en este documento proporcionan el uso de datos de rayos desde una red de detección de rayos para generar datos de reflectividad de radar proxy que representan la intensidad de precipitación. Las imágenes resultantes generadas por estas técnicas aparecen visualmente como imágenes de radar compuestas tradicionales. Como resultado, muchas personas pueden entender e interpretar fácilmente las imágenes porque ya están acostumbradas a ver imágenes de radar. Adicionalmente, los datos de rayos capturados por las redes de detección de rayos generalmente tienen una mejor correlación con el clima severo que solo los datos de radar. Finalmente, las técnicas descritas en este documento aprovechan los ahorros de costes asociados con la instalación y configuración de redes de detección de rayos frente a las redes de radar tradicionales.

La invención, en un aspecto, presenta un método de ordenador de acuerdo con la reivindicación 1.

La invención, en otro aspecto, presenta un sistema de ordenador de acuerdo con la reivindicación 8.

La invención, en otro aspecto, presenta un producto de programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 15.

40 En algunas realizaciones, cualquiera de los aspectos anteriores puede incluir una o más de las siguientes características. En algunas realizaciones, los datos de reflectividad de proxy son con base en una calibración de la dBR con datos de reflectividad generados por un radar (dBZ). En algunas realizaciones, las áreas geográficas asociadas con los datos recibidos corresponden a una o más áreas geográficas que se van a monitorizar por la red de radar. En algunas realizaciones, el clima de las áreas geográficas asociadas con los datos recibidos iguala el clima de una o más áreas geográficas que se van a monitorizar por la red de radar.

En algunas realizaciones, las imágenes tipo radar se componen de cuadrículas que representan intensidad de precipitación. En algunas realizaciones, las imágenes tipo radar utilizan diferentes colores y contornos para representar los niveles de intensidad de precipitación asociados con las cuadrículas.

50 En algunas realizaciones, el dispositivo de ordenador combina los datos de reflectividad de proxy con un modelo de pronóstico para generar un mapa de radar proxy de intensidad de precipitación. En algunas realizaciones, el mapa de radar proxy incluye uno o más indicadores visuales relacionados con áreas de inundación potencial o real. En algunas realizaciones, el mapa de radar proxy incluye uno o más indicadores visuales relacionados con movimiento de tormenta. En algunas realizaciones, el mapa de radar proxy incluye uno o más indicadores visuales relacionados con celdas de peligro de actividad de los rayos.

5 En algunas realizaciones, en las que los datos de reflectividad de proxy se fusionan con el modelo de pronóstico en las áreas en las que la intensidad de precipitación es similar. En algunas realizaciones, los datos de reflectividad de proxy se amortiguan en las áreas en las que el modelo de pronóstico muestra precipitación intensa y los datos de reflectividad de proxy no muestra precipitación intensa. En algunas realizaciones, los datos de reflectividad de proxy reemplazan el modelo de pronóstico en las áreas en las que los datos de reflectividad de proxy muestran precipitación intensa y el modelo de pronóstico no muestra precipitación intensa.

10 En algunas realizaciones, el dispositivo de ordenador determina una o más áreas geográficas en riesgo con base en los datos de reflectividad de proxy, y emite una alerta a uno o más dispositivos que monitorizan las áreas geográficas en riesgo. En algunas realizaciones, el dispositivo de ordenador transmite los datos de reflectividad de proxy a un dispositivo de ordenador remoto.

15 En algunas realizaciones, el dispositivo de ordenador calcula la precipitación acumulada en el tiempo con base en los datos de reflectividad de proxy. En algunas realizaciones, el dispositivo de ordenador calcula una precipitación diaria estimada con base en los datos de reflectividad de proxy. En algunas realizaciones, el dispositivo de ordenador calcula una precipitación estimada mensualmente con base en los datos de reflectividad de proxy. En algunas realizaciones, el dispositivo de ordenador calcula una precipitación estimada anual con base en los datos de reflectividad de proxy.

Otros aspectos y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, tomada en conjunto con los dibujos acompañantes, que ilustran los principios de la invención solo a modo de ejemplo.

Breve descripción de los dibujos

20 Las ventajas de la invención descritas anteriormente, junto con ventajas adicionales, se pueden entender mejor refiriéndose a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos acompañantes. Los dibujos no están necesariamente a escala, sino que el énfasis generalmente se coloca sobre la ilustración de los principios de la invención.

25 La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema para detectar actividad de los rayos y recolectar datos de actividad de los rayos.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema para generar datos de reflectividad de proxy asociados con actividad de los rayos.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método para generar datos de reflectividad de proxy asociados con actividad de los rayos.

30 La Figura 4 es una imagen de mapa geográfico que representa la ubicación de datos de impacto de rayos, que se generan por el sistema de la Figura 2.

La Figura 5 es una imagen de mapa geográfico que representa datos de reflectividad de proxy, que se generan por el sistema de la Figura 2.

35 La Figura 6 es una imagen de mapa geográfico que representa datos de reflectividad de proxy aumentados con indicadores visuales de actividad de tormenta peligrosa, que se genera por el sistema de la Figura 2.

Descripción detallada

40 La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema 100 para detectar actividad de los rayos y recolectar datos de actividad de los rayos. El sistema 100 incluye una pluralidad de sensores 102a-c de detección de rayos, una red 104 de comunicaciones, y un dispositivo 106 de ordenador servidor. Se debe entender que aunque se representan tres sensores 102a-102c de detección de rayos en la Figura 1, se puede utilizar cualquier cantidad de sensores de detección de rayos en el sistema 100. También, el sistema 100 no se limita a una única red 104 de comunicaciones o dispositivo 106 de ordenador servidor; se pueden utilizar otras configuraciones y estructuras de red sin apartarse del alcance de la invención.

45 La pluralidad de sensores 102a-102c de detección de rayos se despliegan en diferentes áreas geográficas y los sensores 102a-102c se utilizan para monitorizar un área particular para la presencia de actividad de los rayos total (tanto nube a tierra (CG) como dentro de nube (IC)) en la atmósfera. Por ejemplo, los datos recolectados por los sensores 102a-102c incluyen energía de frecuencia de radio análoga (RF) (por ejemplo, pulsos o destellos) a diferentes frecuencias, emitidas por una descarga de rayos. Detalles adicionales con respecto a la detección de la actividad de los rayos y la recolección y análisis de los datos de la actividad de los rayos se encuentran en la Patente de los Estados Unidos No. 8,275,548, titulada "Method and Apparatus for Detecting Lightning Activity", y en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 13/177,226, presentada el 6 de julio de 2011 y titulada "Predicting the Potential for Severe Weather".

50

En algunas realizaciones, se superponen las respectivas áreas de cobertura monitorizadas por cada uno de los sensores 102a-102c. En algunas realizaciones, los sensores 102a-102c se comunican con el dispositivo 106 de ordenador servidor para propósitos de calibración y corrección de error.

5 Una vez los sensores 102a-102c han recolectado los datos del rayo, los sensores 102a-102c transmiten los datos del rayo al dispositivo 106 de ordenador servidor a través de la red 104. Por ejemplo, la red 104 puede ser una red basada en paquetes (por ejemplo, Internet). El vínculo de comunicaciones entre los sensores 102a-102c y la red 104 y/o la red 104 y el dispositivo 106 de ordenador servidor puede ser una conexión inalámbrica (por ejemplo, celular o satélite). Se debe apreciar que diferentes configuraciones, protocolos y arquitecturas se pueden utilizar para transmitir datos desde los sensores 102a-102c al dispositivo 106 de ordenador servidor sin apartarse del alcance de la invención. En algunas realizaciones, el sistema 100 incluye un dispositivo de ordenador intermedio entre algunos o todos los sensores 102a-102c y el dispositivo 106 de ordenador servidor para agregar y/o formatear los datos del rayo antes de que los datos se reciban por el dispositivo 106 de ordenador servidor.

15 El dispositivo 106 de ordenador servidor recibe los datos del rayo desde los sensores individuales y prepara los datos del rayo para uso en generar datos de reflectividad de proxy. La Figura 2 es un diagrama de bloques detallado del dispositivo 106 de ordenador servidor del sistema 100. El dispositivo 106 de ordenador servidor incluye un módulo 202 de recolección de datos, un módulo 204 de análisis de datos, un módulo 206 de procesamiento de gráficos y un almacenamiento 208 de datos. En algunas realizaciones, el módulo 202 de recolección de datos recibe datos desde otras fuentes de información de actividad de los rayos que incluyen pero no se limitan a, agencias gubernamentales y empresas privadas de terceros. El módulo 202 de recolección de datos se comunica con las otras fuentes de información de actividad de los rayos a través de métodos y redes de comunicaciones estándar.

20 La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método 300 para generar datos de reflectividad de proxy asociados con actividad de los rayos, utilizando el sistema de la Figura 2. Como se estableció anteriormente, el módulo 202 de recolección de datos recibe (302) datos asociados con actividad de los rayos para una o más áreas geográficas desde los sensores 102a-102c. El módulo 202 de recolección de datos consolida los datos de actividad de los rayos recibidos desde los sensores 102a-102c (y opcionalmente, una pluralidad de fuentes de datos externos) en un formato propicio para el procesamiento por el módulo 204 de análisis de datos. Por ejemplo, cada fuente de datos a la que se conecta el módulo 202 de recolección de datos puede transmitir datos utilizando una sintaxis y/o estructura de datos diferente. El módulo 202 de recopilación de datos analiza los datos entrantes de acuerdo con una comprensión de la fuente de los datos y reformatea los datos para que se ajusten a una sintaxis o estructura aceptable para el módulo 204 de análisis de datos. En algunas realizaciones, los sensores 102a-102c transmiten los datos de la actividad de los rayos en un formato estándar (por ejemplo, XML) para reducir el procesamiento requerido del módulo 202 de recolección de datos. El módulo 202 de recopilación de datos se comunica con el módulo 208 de almacenamiento de datos para guardar y recuperar los datos de rayos recibidos de los sensores 102a-102c en preparación para transmitir los datos al módulo 104 de análisis de datos. Una vez que se han recibido los datos, el módulo 202 de recolección de datos transmite los datos al módulo 204 de análisis de datos. En algunas realizaciones, el módulo 202 de recopilación de datos transmite una notificación al módulo 204 de análisis de datos de que los datos se han almacenado en el módulo 208 de almacenamiento de datos y están listos para el procesamiento por parte del módulo 204 de análisis de datos. La notificación incluye un indicador de referencia (por ejemplo, una dirección de base de datos) de la ubicación de almacenamiento de los datos dentro del módulo 208 de almacenamiento de datos.

35 En algunas realizaciones, el módulo 202 de recolección de datos recibe datos desde la red de sensores 102a-102c de detección de rayos en tiempo real o en sustancialmente tiempo real (por ejemplo, actualizados cada minuto). Con base en este recibo oportuno y continuo de datos del rayo, el dispositivo 106 de ordenador servidor puede generar datos de reflectividad de proxy más rápido y más frecuentemente que los datos de reflectividad generados por redes con base en radares tradicionales. Adicionalmente el dispositivo 106 de ordenador servidor puede hacer los datos de reflectividad de proxy disponible para dispositivos y servicios de procesamiento posteriores (por ejemplo, al transmitir los datos proxy a dispositivos como parte de una alimentación o suscripción de datos).

40 Para generar los datos de reflectividad de proxy, el módulo 204 de análisis de datos del dispositivo 106 de ordenador servidor determina (304) la escala logarítmica de la tasa de destello de nube a tierra y dentro de nube combinados (dBR) para cuadrículas de actividad de los rayos con base en los datos del rayo recibidos desde el módulo de recolección de datos. Una cuadrícula de actividad de los rayos se deriva al colocar un patrón de líneas horizontales y verticales separadas en intervalos regulares (por ejemplo, 1° x 1°) sobre un mapa de las áreas geográficas que son monitorizadas por los sensores 102a-102c de rayos. Se puede determinar la actividad de los rayos en cada sector de la cuadrícula y se puede calcular la dBR correspondiente para cada sector. Adicionalmente, la actividad de los rayos total para la cuadrícula también se puede determinar para dar como resultado un dBR para toda la cuadrícula.

45 El módulo 204 de análisis de datos puede utilizar la dBR de la cuadrícula para generar (306) datos de reflectividad de radar proxy. Se aplica una función de transferencia que correlaciona la dBR de la cuadrícula con un valor de reflectividad de proxy. Los coeficientes para la función de transferencia se determinan al calibrar la dBR con un valor de dBZ del sistema de radar basado en tierra. Los datos de reflectividad de proxy representan una medida de la intensidad de precipitación en una cuadrícula o sector particular de la cuadrícula. Al igual que los datos de reflectividad del radar generados por los sistemas de radar tradicionales (por ejemplo, Doppler), los datos de

reflectividad de proxy generados por el módulo 206 de análisis de datos se pueden utilizar para producir imágenes de tipo radar que presenten visualmente los datos de reflectividad de proxy como polígonos en un mapa geográfico. Como resultado, el sistema 100 descrito en este documento produce información avanzada para aquellos potencialmente afectados por una tormenta que se aproxima sin requerir una instalación de radar existente que controle el área geográfica afectada.

Debido a que los datos de reflectividad de proxy son una medida de la intensidad de precipitación, el módulo 204 de análisis de datos puede utilizar los datos de reflectividad de proxy para calcular la precipitación acumulada a lo largo del tiempo para un área geográfica particular. El módulo 204 de análisis de datos se puede configurar adicionalmente para calcular una cantidad estimada de precipitación a intervalos periódicos (por ejemplo, diario, semanal, mensual o anual). Al proporcionar estimaciones de precipitación, el módulo 204 de análisis de datos permite que las áreas afectadas se preparen adecuadamente para la precipitación mediante la mejora de las salvaguardas, infraestructura, planificación de desastres y similares.

En algunas realizaciones, el módulo 204 de análisis de datos recibe los datos de destello de rayo desde el módulo 202 de recolección de datos y posiciona cada destello de rayo de acuerdo con su ubicación geográfica. El módulo 204 de análisis de datos luego analiza la posición relativa de los destellos de rayo para determinar los límites o contornos potenciales de celdas del rayo específicas.

En algunas realizaciones, el módulo 204 de análisis de datos ejecuta una serie de procesos para determinar la ubicación y contornos de una celda de rayos en la cuadrícula. El módulo 204 de análisis de datos utiliza los datos de destello de rayo recolectados durante un periodo de tiempo específico (por ejemplo, un minuto) y coloca los destellos de rayo sobre un mapa. El módulo 204 de análisis de datos luego superpone una cuadrícula gruesa sobre el mapa para ubicar rápidamente las áreas de interés para análisis adicionales. El módulo 204 de análisis de datos identifica los sectores de la cuadrícula que contienen un alto porcentaje o densidad de destellos de rayo y superpone una cuadrícula fina sobre los sectores identificados. El módulo 204 de análisis de datos emplea funciones de densidad sobre los sectores de la cuadrícula fina para ubicar contornos cerrados asociados con una celda de rayos. El módulo 204 de análisis de datos genera un polígono convexo desde cada uno de los contornos cerrados. El módulo 204 de análisis de datos repite este proceso de cuadrícula al vencimiento de un periodo de tiempo específico (por ejemplo, un minuto) con el fin de rastrear los cambios en el movimiento, dirección y tasa del destello de rayo de la celda del rayo, así como el seguimiento de la dBR para la cuadrícula y las áreas individuales de la cuadrícula.

El módulo 204 de análisis de datos puede calibrar la dBR utilizando varias técnicas para mejorar los datos de reflectividad del proxy. En algunas realizaciones, el módulo 204 de análisis de datos correlaciona la dBR con los datos de reflectividad del radar tradicional (dBZ) y/u otras fuentes de datos que se recolectan de las mismas áreas geográficas o climas similares, para determinar una relación entre dBR y dBZ. La relación entre dBR y dBZ se puede expresar como $dBZ = a * dBR + b$, en donde a y b son los coeficientes calibrados según las regiones y estaciones climáticas. El módulo 204 de análisis de datos puede aprovechar una relación conocida entre dBR y dBZ para un clima particular para generar datos de reflectividad de proxy para un área geográfica diferente que tiene el mismo clima sin la necesidad de datos de dBZ para esa área geográfica.

En algunas realizaciones, el módulo 204 de análisis de datos aumenta el análisis de los datos de rayos y la correlación entre dBR y dBZ con información adicional, de tal manera que los datos de reflectividad del radar proxy resultantes son más precisos. Por ejemplo, la información adicional se puede relacionar con el clima (por ejemplo, montañoso, tropical o subtropical) del área geográfica que está siendo monitorizada por la red de detección de rayos y la red con base en radar. Debido a que el clima de un área en particular afecta la actividad y la tasa esperada del rayo, el módulo 204 de análisis de datos toma en cuenta los atributos relacionados con el clima al determinar la existencia y el potencial de clima severo utilizando los datos del rayo y el radar.

Debido a que la correlación entre dBR y dBZ se puede determinar para una región particular con un cierto clima, las imágenes de tipo radar se pueden generar mediante el módulo 206 de procesamiento de gráficos para un área geográfica que tiene un clima similar que no tiene acceso a datos de reflectividad del radar localizados. Por ejemplo, el módulo 204 de análisis de datos puede determinar la dBR para una tormenta en el norte de Florida, un clima subtropical húmedo. El módulo 204 de análisis de datos puede correlacionar la dBR para la tormenta con datos de dBZ para la tormenta, según lo recolectado por un sistema de radar que monitoriza el norte de Florida. Una vez que el módulo 204 de análisis de datos determina la relación entre dBR y dBZ para la tormenta, el módulo 204 puede aplicar esa relación a otras áreas del mundo que tienen un clima subtropical húmedo pero que no tienen instalado un sistema de radar tradicional (por ejemplo, ciertas áreas del interior de África). Debido a que la instalación de una red de detección de rayos en áreas como el interior de África es mucho más rentable que un sistema de radar tradicional, el módulo 204 de análisis de datos puede generar datos de reflectividad de proxy para estas áreas al recolectar datos de actividad de los rayos utilizando la red de detección, determinando la dBR para los datos de rayos, y aplicar una relación conocida entre la dBR determinada y el dBZ para un área geográfica que tenga el mismo clima.

Los datos de reflectividad de proxy también se pueden comparar con datos de modelo de pronóstico que se relacionan con la predicción de precipitación y otros fenómenos climáticos. La comparación de datos de reflectividad

de proxy con datos de reflectividad de modelo de pronóstico permite que el módulo 204 de análisis de datos haga cada grupo de datos más exacto. En algunas realizaciones, el módulo 204 de análisis de datos fusiona los datos de reflectividad de proxy con datos de reflectividad de modelo de pronóstico en las áreas en las que intensidad de precipitación es similar. En algunas realizaciones, el módulo 204 de análisis de datos modera los datos de reflectividad de proxy - lo que significa que se proporciona menos peso de los datos de reflectividad de proxy - en las áreas en las que el modelo de pronóstico muestra precipitación intensa y los datos de reflectividad de proxy no muestra precipitación intensa especialmente si el modelo de pronóstico no predice que esa área de precipitación es de la actividad de tormenta convectiva. En algunas realizaciones, el módulo 204 de análisis de datos determina que datos de reflectividad de proxy reemplazan los datos de modelo de pronóstico en las áreas en las que los datos de reflectividad de proxy muestran precipitación intensa y el modelo de pronóstico no muestra precipitación intensa. Los métodos utilizados para fusionar datos de reflectividad de proxy y datos de reflectividad de modelo de pronóstico se basan en una interpolación ponderada entre los valores de reflectividad. Se entiende que se pueden utilizar otros métodos y técnicas sin apartarse del alcance de la invención.

Después de que el módulo 204 de análisis de datos ha analizado los datos del rayo, se correlacionan los datos del rayo con los datos del radar, y se determina la ubicación de celdas del rayo que se asocian con actividad climática grave, el módulo 204 de análisis de datos da instrucciones al módulo 206 de procesamiento de gráficos para generar imágenes que utilizan los datos del rayo analizados. Las Figura 4-6 son imágenes de mapas geográficos que se genera por el sistema de la Figura 2. La Figura 4 es un mapa geográfico que representa la ubicación de datos de impacto de rayos. La Figura 5 es un mapa geográfico que representa datos de reflectividad de proxy. La Figura 6 es un mapa geográfico que representa datos de reflectividad de proxy aumentados con indicadores visuales de actividad de tormenta peligrosa.

Como se muestra en la Figura 4, el sistema 100 determina la ubicación de los impulsos o impactos de rayos de nube a tierra y dentro de la nube en función de los datos de actividad de los rayos recibidos y grafica la ubicación en una imagen de mapa geográfico que corresponde a las áreas cubiertas por los sensores 102a-102c. Los puntos 402 en la Figura 4 representan la ubicación trazada de cada impacto de rayos.

Una vez que se dibujan los impactos de rayos, el módulo 204 de análisis de datos determina la dBR para los datos de la actividad de los rayos y genera los datos de reflectividad de proxy basados en la dBR. El módulo 206 de procesamiento de gráficos luego genera imágenes de tipo radar basadas en los datos de reflectividad de proxy al utilizar la misma paleta que utiliza la visualización de radar Doppler. Como se muestra en la Figura 5, las imágenes 502 de tipo de radar generadas por el módulo 206 de procesamiento de gráficos aparecen visualmente como una imagen de radar producida por un sistema tradicional basado en radar, con diferentes colores y contornos para representar la gravedad de un sistema climático particular. Por ejemplo, la ubicación que experimenta el clima más peligroso (por ejemplo, precipitación o impactos de rayos) se puede denotar con un color particular (por ejemplo, rojo), mientras que las áreas con menor grado de severidad se pueden denotar con diferentes colores en un gradiente (por ejemplo, naranja, amarillo y verde). En algunas realizaciones, el módulo 206 de procesamiento de gráficos es una unidad de procesamiento de gráficos (GPU) separada (por ejemplo, una tarjeta de gráficos) o un módulo de software configurado para producir dibujos y diseños gráficos basados en los datos de actividad de los rayos.

En algunas realizaciones, el módulo 206 de procesamiento de gráficos genera una imagen de mapa de radar proxy (o simulada) del clima severo, tales como tormentas convectivas. Debido a la fuerte correlación entre la tasa de destello de nube a tierra y dentro de nube (dBR) y la reflectividad del radar (dBZ), el módulo 206 de procesamiento de gráficos crea imágenes de tipo radar para un área geográfica o región particular que corresponde estrechamente con las imágenes de radar para la misma área o región que son generadas por un sistema tradicional basado en radar (ver Figura 5).

En algunas realizaciones, el módulo 206 de procesamiento de gráficos genera indicadores visuales junto con las imágenes de radar proxy, en la que los indicadores visuales se relacionan con posibles inundaciones y movimientos de tormenta. El módulo 206 de procesamiento de gráficos recupera los datos de correlación de rayos/radar del almacenamiento 208 de datos y genera una imagen de tipo radar con indicadores visuales que representan áreas de inundación potencial y movimiento de tormenta. En algunas realizaciones, los datos de correlación utilizados para generar el indicador son una correlación entre la tasa del destello de rayo total que oscila entre 0 y 200 destellos por minuto y la reflectividad del radar que varía desde 0 hasta 75 decibelios.

En algunas realizaciones, el módulo 206 de procesamiento de gráficos genera indicadores visuales junto con la imagen del radar proxy, en la que los indicadores visuales resaltan el potencial de celdas de destellos de rayo totales peligrosas que aumentan la probabilidad de daños por vientos, granizo y/o tornados dentro de las tormentas convectivas. Como se muestra en la Figura 6, las imágenes de tipo radar se aumentan con polígonos que representan la trayectoria de movimiento potencial y la gravedad de las celdas de tormentas peligrosas. Como se describió anteriormente, el módulo 206 de procesamiento de gráficos recupera los datos de seguimiento desde la celda del rayo del almacenamiento 208 de datos y/o el módulo 204 de análisis de datos para generar una imagen que tiene celdas de tormenta, en las que la tasa total del destello de rayo dentro de una celda particular se correlaciona con los datos de reflectividad del radar.

En algunas realizaciones, el dispositivo 102 de ordenador del servidor incluye un módulo de generación de alertas (no mostrado). El módulo de generación de alertas utiliza las características analizadas de los datos de rayos para determinar automáticamente las áreas geográficas que pueden verse afectadas por el clima severo asociado con los datos de rayos como, por ejemplo, una celda de rayos se mueve y cambia en tamaño y/o intensidad.

- 5 Para emitir una alerta que llegue a personas y/o entidades que pueden verse directamente afectadas por el clima severo o que pueden tener un interés en el área afectada, el módulo de generación de alertas determina una o más áreas geográficas en riesgo según la ubicación y la velocidad de movimiento y dirección de movimiento de una celda de rayo. En algunas realizaciones, el módulo de generación de alertas determina un área de advertencia que corresponde a la ubicación actual y al seguimiento esperado de la celda durante un período de tiempo próximo. Por ejemplo, el módulo de generación de alertas genera un polígono (como se muestra en el carácter 602 de referencia en la Figura 6) que cubre el rango de distancias y direcciones en que una celda de rayos podría viajar en un período de tiempo específico (por ejemplo, cuarenta y cinco minutos) al evaluar la velocidad de movimiento y la dirección de movimiento de la celda demostrada en el momento en que el módulo de análisis de datos determina que la tasa de rayos total de la celda excedió la tasa de rayos del umbral.
- 10
- 15 Después de recibir la notificación del módulo 204 de análisis de datos y determinar una o más áreas en riesgo, el módulo de generación de alertas identifica automáticamente un conjunto de uno o más dispositivos remotos que monitorizan las áreas en riesgo y transmite automáticamente una alerta a los dispositivos remotos. Los dispositivos remotos pueden incluir dispositivos de ordenador, tales como teléfonos móviles y hardware del sistema de posicionamiento global (GPS). Los dispositivos remotos también pueden incluir otros tipos de sistemas de advertencia, tales como luces, sirenas y bocinas que están configurados para conectarse a una red de comunicaciones. En algunas realizaciones, el dispositivo 208 de almacenamiento de datos incluye información relacionada con la identificación de los dispositivos remotos (por ejemplo, dirección IP, número de teléfono, dirección de correo electrónico), y el módulo de generación de alertas utiliza la información de identificación para preparar una alerta para cada dispositivo remoto. El dispositivo 208 de almacenamiento de datos también incluye información que mapea la identificación de un dispositivo remoto a un área geográfica particular o áreas que el dispositivo remoto está monitorizando (por ejemplo, código postal, nombre del condado, dirección de la calle). El módulo de generación de alertas utiliza cualquier protocolo o técnica de comunicación estándar, tal como la entrega basada en paquetes (por ejemplo, mensajes de texto, XML, correo electrónico), entrega basada en circuitos (por ejemplo, paginación, mensajes de voz) y similares. Por ejemplo, un usuario puede suscribirse para recibir alertas de un código postal en particular en su teléfono móvil. El sistema 100 almacena el número de teléfono del usuario en el módulo 208 de almacenamiento de datos. Cuando el módulo de generación de alertas identifica una ubicación geográfica que está en riesgo de clima severo y la totalidad o parte de la ubicación identificada cae dentro del código postal enviado por el usuario, el módulo de generación de alertas emite una alerta (por ejemplo, un mensaje de texto, un mensaje de voz) dirigido al número de teléfono del teléfono móvil del usuario. En esta realización, el teléfono móvil del usuario no necesita estar ubicado en la misma área geográfica identificada por el módulo de generación de alertas como “en riesgo”.
- 20
- 25
- 30
- 35

Una vez que el dispositivo 106 de ordenador del servidor ha generado las imágenes de tipo radar utilizando los datos del rayo, el servidor 106 puede transmitir las imágenes e información relacionada a cualquier número de dispositivos remotos equipados o capaces de recibirlos. Por ejemplo, el servidor 106 puede transmitir el mapa de radar proxy a un dispositivo móvil utilizando técnicas de comunicación estándar (por ejemplo, celular, inalámbrica). Como se describió anteriormente, el servidor 106 puede generar y emitir alertas de clima severo para dispositivos remotos que incorporan el mapa de radar de proxy, lo que permite una mayor conciencia del clima severo entrante.

40

Las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar en circuitos electrónicos digitales y/o analógicos, o en hardware, firmware, software de ordenador o en combinaciones de los mismos. La implementación puede ser como un producto de programa de ordenador, es decir, un programa de ordenador incorporado tangiblemente en un dispositivo de almacenamiento legible por máquina, para su ejecución o para controlar el funcionamiento de un aparato de procesamiento de datos, por ejemplo, un procesador programable, un ordenador, y/o múltiples ordenadores. Un programa de ordenador puede escribirse en cualquier forma de ordenador o lenguaje de programación, que incluye el código fuente, el código compilado, el código interpretado y/o el código de máquina, y el programa de ordenador se puede implementar en cualquier forma, incluso como un programa independiente o como una subrutina, elemento u otra unidad adecuada para su uso en un entorno informático. Un programa de ordenador puede implementarse para ejecutarse en un ordenador o en varios ordenadores en uno o más sitios.

45

50

Las etapas del método pueden ser realizadas por uno o más procesadores que ejecutan un programa de ordenador para realizar las funciones de la invención al operar sobre datos de entrada y/o generando datos de salida. Las etapas del método también pueden ser realizadas por, y un aparato se puede implementar como, circuitos lógicos de propósito especial, por ejemplo, un FPGA (matriz de compuerta programable de campo), un FPA (matriz analógica programable de campo), un CPLD (dispositivo lógico programable complejo), un PSoC (sistema programable en chip), ASIP (procesador de conjunto de instrucciones específico de la aplicación), o un ASIC (circuito integrado específico de la aplicación), o similar. Las subrutinas se pueden referir a partes del programa de ordenador almacenado y/o al procesador, y/o al circuito especial que implementa una o más funciones.

55

60

Los procesadores adecuados para la ejecución de un programa de ordenador incluyen, a modo de ejemplo, microprocesadores de propósito general y especial, y uno o más procesadores de cualquier tipo de ordenador digital o analógico. En general, un procesador recibe instrucciones y datos desde una memoria de solo lectura o una memoria de acceso aleatorio o ambos. Los elementos esenciales de un ordenador son un procesador para ejecutar instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar instrucciones y/o datos. Los dispositivos de memoria, tal como un caché, se pueden utilizar para almacenar datos temporalmente. Los dispositivos de memoria también se pueden utilizar para el almacenamiento de datos a largo plazo. En general, un ordenador también incluye, o está acoplada operativamente, para recibir datos desde o transferir datos a, o ambos, uno o más dispositivos de almacenamiento masivo para almacenar datos, por ejemplo, discos magnéticos, magnetoópticos o discos ópticos. Un ordenador también puede estar acoplado operativamente a una red de comunicaciones para recibir instrucciones y/o datos de la red y/o transferir instrucciones y/o datos a la red. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador adecuados para incorporar instrucciones e información de programas de ordenador incluyen todas las formas de memoria volátil y no volátil, incluyendo a modo de ejemplo dispositivos de memoria de semiconductores, por ejemplo, dispositivos DRAM, SRAM, EPROM, EEPROM y memoria flash; discos magnéticos, por ejemplo, discos duros internos o discos extraíbles; discos magneto-ópticos; y discos ópticos, por ejemplo, discos CD, DVD, HD-DVD y Blu-ray. El procesador y la memoria pueden complementarse y/o incorporarse en circuitos lógicos de propósito especial.

Para proporcionar interacción con un usuario, las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar sobre un ordenador en comunicación con un dispositivo de visualización, por ejemplo, un monitor CRT (tubo de rayos catódicos), plasma o LCD (pantalla de cristal líquido), para mostrar información al usuario y un teclado y un dispositivo indicador, por ejemplo, un mouse, una bola de seguimiento, un panel táctil o un sensor de movimiento, mediante los cuales el usuario puede proporcionar información al ordenador (por ejemplo, interactuar con un elemento de interfaz de usuario). También se pueden utilizar otros tipos de dispositivos para proporcionar interacción con un usuario; por ejemplo, la retroalimentación proporcionada al usuario puede ser cualquier forma de retroalimentación sensorial, por ejemplo, retroalimentación visual, retroalimentación auditiva o retroalimentación táctil; y la entrada del usuario se puede recibir en cualquier forma, que incluye entrada acústica, de voz y/o táctil.

Las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar en un sistema de ordenador distribuido que incluye un componente de etapa final. El componente de etapa final puede, por ejemplo, ser un servidor de datos, un componente de middleware y/o un servidor de aplicaciones. Las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar en un sistema de ordenador distribuido que incluye un componente de etapa inicial. El componente de etapa inicial puede ser, por ejemplo, un ordenador cliente con una interfaz gráfica de usuario, un navegador web a través del cual un usuario puede interactuar con una implementación de ejemplo y/u otras interfaces gráficas de usuario para un dispositivo de transmisión. Las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar en un sistema de ordenador distribuido que incluya cualquier combinación de dichos componentes de etapa final, middleware o etapa inicial.

Los componentes del sistema de ordenador pueden estar interconectados por medio de transmisión, que puede incluir cualquier forma o medio de comunicación de datos analógicos o digitales (por ejemplo, una red de comunicación). El medio de transmisión puede incluir una o más redes con base en paquetes y/o una o más redes con base en circuitos en cualquier configuración. Las redes con base en paquetes pueden incluir, por ejemplo, Internet, una red de protocolo de Internet portador (IP) del operador (por ejemplo, red de área local (LAN), red de área amplia (WAN), red de área del campus (CAN), red de área metropolitana (MAN), red de área local (HAN), una red IP privada, una central telefónica privada IP (IPBX), una red inalámbrica (por ejemplo., red de acceso de radio (RAN), Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, red de servicio general de paquetes de radio (GPRS), HiperLAN) y/u otras redes con base en paquetes. Las redes con base en circuitos pueden incluir, por ejemplo, la red telefónica pública conmutada (PSTN), una red de sucursales privada heredada (PBX), una red inalámbrica (por ejemplo, RAN, red de acceso múltiple por división de código (CDMA), red de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), red de sistema global para redes de comunicaciones móviles (GSM) y/u otras redes con base en circuitos.

La transferencia de información a través del medio de transmisión puede basarse en uno o más protocolos de comunicación. Los protocolos de comunicación pueden incluir, por ejemplo, protocolo Ethernet, Protocolo de Internet (IP), Voz sobre IP (VOIP), un Protocolo entre homólogos (P2P), Protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), Protocolo de inicio de sesión (SIP), H.323, Protocolo de Control de Puerta de Enlace de Medios (MGCP), sistema de señalización #7 (SS7), un protocolo del Sistema global para comunicaciones móviles (GSM), un protocolo pulsa y habla (PTT), un protocolo PTT sobre protocolo celular (POC), y/u otros protocolos de comunicación.

Los dispositivos del sistema de ordenador pueden incluir, por ejemplo, un ordenador, un ordenador con un dispositivo de navegación, un teléfono, un teléfono IP, un dispositivo móvil (por ejemplo, un teléfono celular, un dispositivo asistente personal digital (PDA), un ordenador portátil, un dispositivo de correo electrónico), y/u otros dispositivos de comunicación. El dispositivo del navegador incluye, por ejemplo, un ordenador (por ejemplo, ordenador de escritorio, ordenador portátil) con un navegador World Wide Web (por ejemplo, Microsoft® Internet Explorer® disponible de Microsoft Corporation, Mozilla® Firefox disponible de Mozilla Corporation). El dispositivo de ordenador móvil incluye, por ejemplo, un BlackBerry®. Los teléfonos IP incluyen, por ejemplo, un Cisco® Unified IP Phone 7985G disponible de Cisco Systems, Inc., y/o un Cisco® Unified Wireless Phone 7920 disponible de Cisco Systems, Inc.

ES 2 754 652 T3

Las formas comprenden, incluyen y/o plurales de cada una son abiertas e incluyen las partes enumeradas y pueden incluir partes adicionales que no están enumeradas. Y/o es abierta e incluye una o más de las partes enumeradas y combinaciones de las partes enumeradas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de ordenador para generar datos de reflectividad de proxy e imágenes tipo radar asociadas con actividad de los rayos, comprendiendo el método:
- 5 detectar, mediante una red de sensores (102a-102c) de detección de rayos, cada uno de los cuales monitoriza un área geográfica particular, datos de energía de radiofrecuencia (RF) asociados con destellos de rayos en el área geográfica correspondiente;
- transmitir, mediante la red de sensores de detección de rayos, los datos de energía de RF a un dispositivo (106) de ordenador acoplado de manera comunicable a la red de sensores de detección de rayos;
- 10 formatear, mediante el dispositivo de ordenador, los datos de energía de RF recibidos de la red de sensores de detección de rayos en datos de destello de rayo consolidados;
- identificar, mediante el dispositivo de ordenador, una o más celdas de actividad de los rayos con base en los datos consolidados de destello de rayo, que comprenden posicionar cada destello de rayo sobre un mapa de acuerdo con su ubicación geográfica, superponer una primera cuadrícula sobre el mapa e identificar sectores de la primera cuadrícula con una alta densidad de destellos de rayo, superponer una segunda cuadrícula solamente sobre los sectores identificados del mapa para ubicar contornos cerrados asociados con una celda de rayos dentro de los sectores identificados, y generar un polígono convexo desde cada uno de los contornos cerrados, en donde los sectores de la primera cuadrícula son más grandes en área geográfica que los sectores de la segunda cuadrícula;
- 15 determinar, mediante el dispositivo de ordenador, una escala logarítmica de una tasa combinada de destellos de nube a tierra y dentro de nube (dBR) para las celdas identificadas de actividad de los rayos;
- 20 generar, mediante el dispositivo de ordenador, datos de reflectividad de proxy con base en la dBR de las celdas identificadas de actividad de los rayos y la ubicación geográfica de las celdas identificadas de actividad de los rayos;
- generar, mediante una unidad (206) de procesamiento de gráficos (GPU) del dispositivo de ordenador, imágenes tipo radar con base en los datos de reflectividad de proxy, incluyendo las imágenes de tipo radar un polígono que tiene una posición correspondiente a una posición de cada polígono convexo generado por el dispositivo de ordenador y que tiene un color asociado con una gravedad de la actividad de los rayos;
- 25 exhibir, mediante un dispositivo de visualización acoplado a la GPU (206), las imágenes tipo radar; y
- emitir, mediante el dispositivo de ordenador, las imágenes de tipo radar a uno o más dispositivos de ordenador remotos que monitorizan áreas geográficas en riesgo que corresponden a áreas geográficas en las imágenes de tipo radar como parte de un mensaje de notificación de alerta.
- 30 2. El método de la reivindicación 1, en el que los datos de reflectividad de proxy son con base en una calibración de la dBR con datos de reflectividad generados por un radar (dBZ), y preferiblemente:
- en el que las áreas geográficas asociadas con los datos recibidos corresponden a una o más áreas geográficas que se monitorizaran por una red de radar, y/o
- en el que un clima de las áreas geográficas asociadas con los datos recibidos iguala un clima de una o más áreas geográficas que se van a monitorizar por la red de radar.
- 35 3. El método de la reivindicación 1, en el que las imágenes tipo radar están compuestas de cuadrículas que representan intensidad de precipitación, y preferiblemente en el que las imágenes de tipo radar usan diferentes colores y contornos para representar los niveles de intensidad de precipitación asociados con las cuadrículas.
- 40 4. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente combinar, mediante el dispositivo de ordenador, los datos de reflectividad de proxy con un modelo de pronóstico, y generar mediante un dispositivo de ordenador, un mapa de radar proxy de intensidad de precipitación basado en los datos combinados de reflectividad y el modelo de pronóstico para visualizar en un dispositivo de visualización acoplado al dispositivo (106) de ordenador y preferiblemente:
- en el que el mapa de radar proxy incluye uno o más indicadores visuales relacionados con áreas de inundación potencial o real, y/o
- 45 en el que el mapa de radar proxy incluye uno o más indicadores visuales relacionados con el movimiento de tormenta.
- 50 5. El método de la reivindicación 4, en el que el mapa de radar proxy incluye uno o más indicadores visuales relacionados con celdas peligrosas de actividad de rayos y/o en el que los datos de reflectividad de proxy se fusionan con el modelo de pronóstico en las áreas en las que la intensidad de precipitación es similar y/o en el que

los datos de reflectividad de proxy se amortiguan en las áreas en las que el modelo de pronóstico muestra precipitación intensa y los datos de reflectividad de proxy no muestran precipitación intensa.

5 6. El método de la reivindicación 4, en el que los datos de reflectividad de proxy reemplazan el modelo de pronóstico en las áreas en las que los datos de reflectividad de proxy muestran precipitación intensa y el modelo de pronóstico no muestra precipitación intensa.

7. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente transmitir, mediante el dispositivo (106) de ordenador, los datos de reflectividad de proxy a un dispositivo de ordenador remoto.

10 8. Un sistema (100) computarizado para generar datos de reflectividad de proxy e imágenes tipo radar asociadas con actividad de los rayos, comprendiendo el sistema un dispositivo (106) de ordenador que tiene un procesador (204) y una unidad (206) de procesamiento de gráficos, GPU, que está acoplada de manera comunicable a una red de sensores (102a-102c) de detección de rayos, cada uno de los cuales monitoriza un área geográfica particular, la red de sensores de detección de rayos configuradas para:

detectar datos de energía de radiofrecuencia (RF) asociados con destellos de rayos en el área geográfica correspondiente, y

15 transmitir los datos de energía de RF detectados al dispositivo de ordenador;

el procesador del dispositivo de ordenador configurado para:

formatear los datos de energía de RF recibidos de la red de sensores de detección de rayos en datos consolidados de destello de rayos;

20 identificar una o más celdas de actividad de los rayos con base en los datos consolidados de destellos de rayo, que comprenden posicionar cada destello de rayo sobre un mapa de acuerdo con su ubicación geográfica, superponer una primera cuadrícula sobre el mapa e identificar sectores de la primera cuadrícula con una alta densidad de destellos de rayo, superponer una segunda cuadrícula solamente sobre los sectores identificados del mapa para ubicar contornos cerrados asociados con una celda de rayos dentro de sectores identificados, y generar un polígono convexo desde cada uno de los contornos cerrados, en el que los sectores de la primera cuadrícula son más grandes en área geográfica que los sectores de la segunda cuadrícula;

25 determinar una escala logarítmica de una tasa combinada de destellos de nube a tierra y dentro de nube (dBR) para las celdas identificadas de actividad de los rayos; y

generar datos de reflectividad de proxy con base en la dBR de las celdas identificadas de actividad de los rayos; una tasa de cambio de la dBR, y la ubicación geográfica de las células identificadas de la actividad de los rayos;

30 la CPU configurada para generar imágenes tipo radar con base en los datos de reflectividad de proxy para visualización sobre un dispositivo de visualización acoplado a la GPU, incluyendo las imágenes de tipo radar un polígono que tiene una posición correspondiente a una posición de cada polígono convexo generado por el dispositivo de ordenador y que tiene un color asociado con una gravedad de la actividad de los rayos; y

35 el dispositivo de ordenador configurado para emitir las imágenes de tipo radar a uno o más dispositivos de ordenador remotos que monitorizan áreas geográficas en riesgo que corresponden a áreas geográficas en las imágenes de tipo radar como parte de un mensaje de notificación de alerta.

9. El sistema (100) de la reivindicación 8, en el que los datos de reflectividad de proxy son con base en una calibración de la dBR con datos de reflectividad generados por un radar (dBZ) y preferiblemente:

40 en el que las áreas geográficas asociadas con los datos recibidos corresponden a una o más áreas geográficas que se monitorizaran por una red de radar, y/o

en el que un clima de las áreas geográficas asociadas con los datos recibidos iguala un clima de una o más áreas geográficas que se van a monitorizar por la red de radar.

45 10. El sistema (100) de la reivindicación 8, en el que las imágenes tipo radar están compuestas de cuadrículas que representan intensidad de precipitación, y preferiblemente en el que las imágenes de tipo radar usan diferentes colores y contornos para representar los niveles de intensidad de precipitación asociados con las cuadrículas.

11. El sistema (100) de la reivindicación 8, en el que el procesador (204) se configura adicionalmente para combinar los datos de reflectividad de proxy con un modelo de pronóstico, y la GPU se configura adicionalmente para generar un mapa de radar proxy de intensidad de precipitación con base en los datos de reflectividad combinados y modelo de pronóstico para visualización sobre un dispositivo de visualización acoplado a la GPU, y preferiblemente:

50 en el que el mapa de radar proxy incluye uno o más indicadores visuales relacionados con áreas de inundación potenciales o reales, y/o

en el que el mapa de radar proxy incluye uno o más indicadores visuales relacionados con el movimiento de tormenta, y/o

en el que el mapa de radar proxy incluye uno o más indicadores visuales relacionados con celdas peligrosas de actividad de rayos.

5 12. El sistema (100) de la reivindicación 11, en el que los datos de reflectividad de proxy se fusionan con el modelo de pronóstico en las áreas en las que intensidad de precipitación es similar, y/o en el que los datos de reflectividad de proxy se amortiguan en las áreas en las que el modelo de pronóstico muestra precipitación intensa y los datos de reflectividad de proxy no muestra precipitación intensa, y/o en el que los datos de reflectividad de proxy reemplazan el modelo de pronóstico en las áreas en las que los datos de reflectividad de proxy muestran precipitación intensa y el modelo de pronóstico no muestra precipitación intensa.

10 13. El sistema (100) de la reivindicación 8, en el que el procesador (204) se configura adicionalmente para transmitir los datos de reflectividad proxy a un dispositivo de ordenador remoto.

14. El sistema (100) de la reivindicación 8, en el que el procesador (204) está configurado además para calcular la precipitación acumulativa a lo largo del tiempo con base a los datos de reflectividad proxy; y preferiblemente:

15 en el que el procesador (204) está configurado además para calcular una precipitación diaria estimada, y/o

en el que el procesador (204) está configurado además para calcular una precipitación estimada mensual, y/o

en el que el procesador (204) está configurado además para calcular una precipitación anual estimada.

20 15. Un producto de programa de ordenador, materializado de forma tangible en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio, para generar datos de reflectividad de proxy e imágenes tipo radar asociadas con actividad de los rayos, el producto de programa de ordenador que incluye instrucciones operables para provocar un dispositivo (106) de ordenador que tiene un procesador (204) y una unidad (206) de procesamiento de gráficos, (GPU), y que está acoplado de manera comunicable a una red de sensores (102a-102c) de detección de rayos para:

detectar, mediante la red de sensores de detección de rayos, datos de energía de radiofrecuencia (RF) asociados con los destellos de rayos en el área geográfica correspondiente,

25 transmitir, mediante la red de sensores de detección de rayos, los datos de energía de RF detectados al dispositivo de ordenador;

formatear, mediante el procesador, los datos de energía de RF recibidos de la red de sensores en datos consolidados de destellos de rayos;

30 identificar, mediante el procesador, una o más celdas de actividad de rayos con base en los datos de destellos de rayos, que comprende posicionar cada destello de rayo sobre un mapa de acuerdo con su ubicación geográfica, superponer una primera cuadrícula sobre el mapa e identificar sectores de la primera cuadrícula con una alta densidad de destellos de rayo, superponer una segunda cuadrícula solamente sobre los sectores identificados del mapa para ubicar contornos cerrados asociados con una celda de rayos dentro de los sectores identificados, y generar un polígono convexo desde cada uno de los contornos cerrados, en el que los sectores de la primera cuadrícula son más grandes en área geográfica que los sectores de la segunda cuadrícula;

35 determinar, mediante el procesador, una escala logarítmica de una tasa de destello de nube a tierra y dentro de nube (dBR) para las celdas identificadas de actividad de los rayos; y la ubicación geográfica de las células identificadas de la actividad de los rayos;

40 generar, mediante el procesador, datos de reflectividad de proxy con base en la dBR de las celdas identificadas de actividad de los rayos; y

generar, mediante la GPU, imágenes tipo radar con base en los datos de reflectividad de proxy para visualización sobre un dispositivo de visualización acoplado a la GPU, incluyendo las imágenes de tipo radar un polígono que tiene una posición correspondiente a una posición de cada polígono convexo generado por el dispositivo de ordenador y que tiene un color asociado con una gravedad de la actividad de los rayos; y

45 emitir, mediante el dispositivo de ordenador, las imágenes de tipo radar a uno o más dispositivos de ordenador remotos que monitorizan áreas geográficas en riesgo que corresponden a áreas geográficas en las imágenes de tipo radar como parte de un mensaje de notificación de alerta.

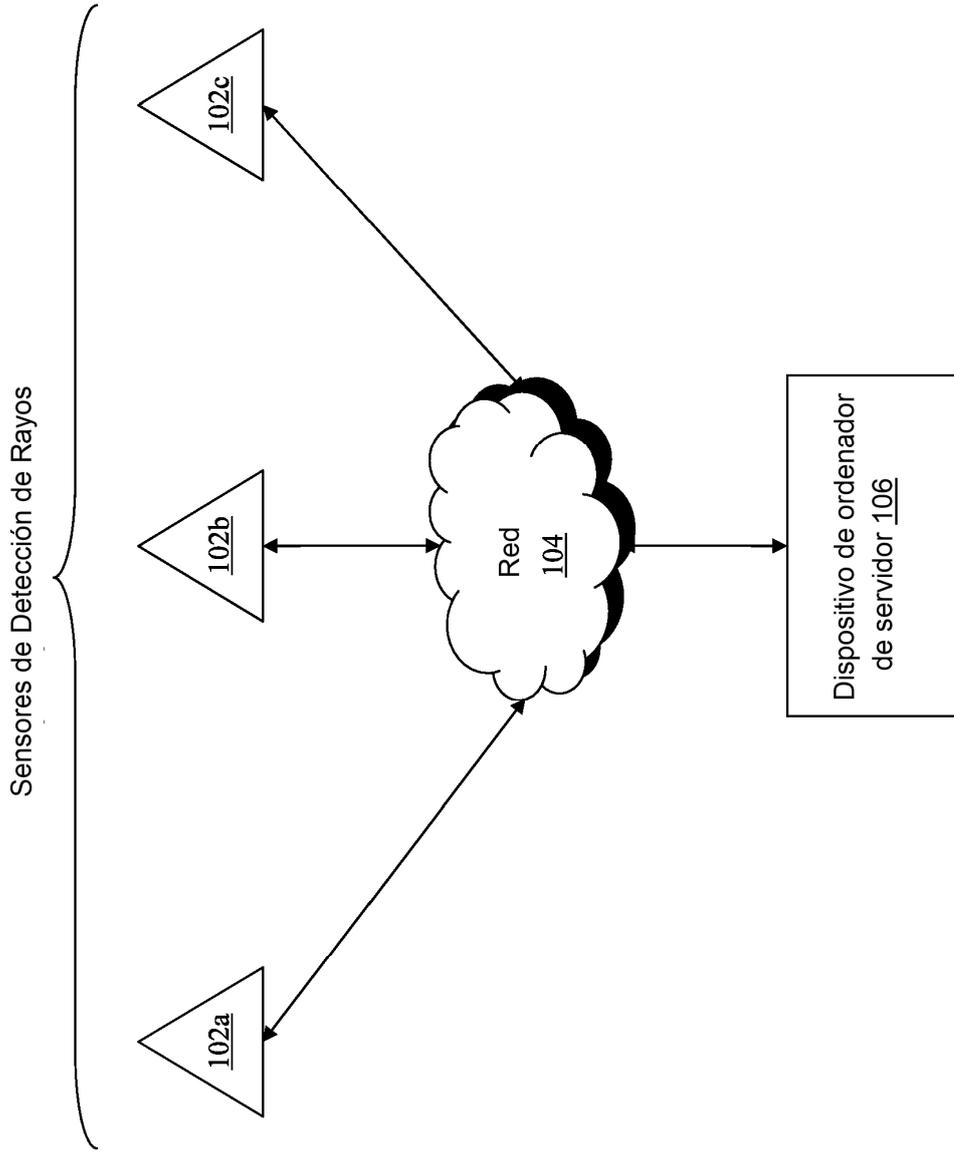


FIG. 1

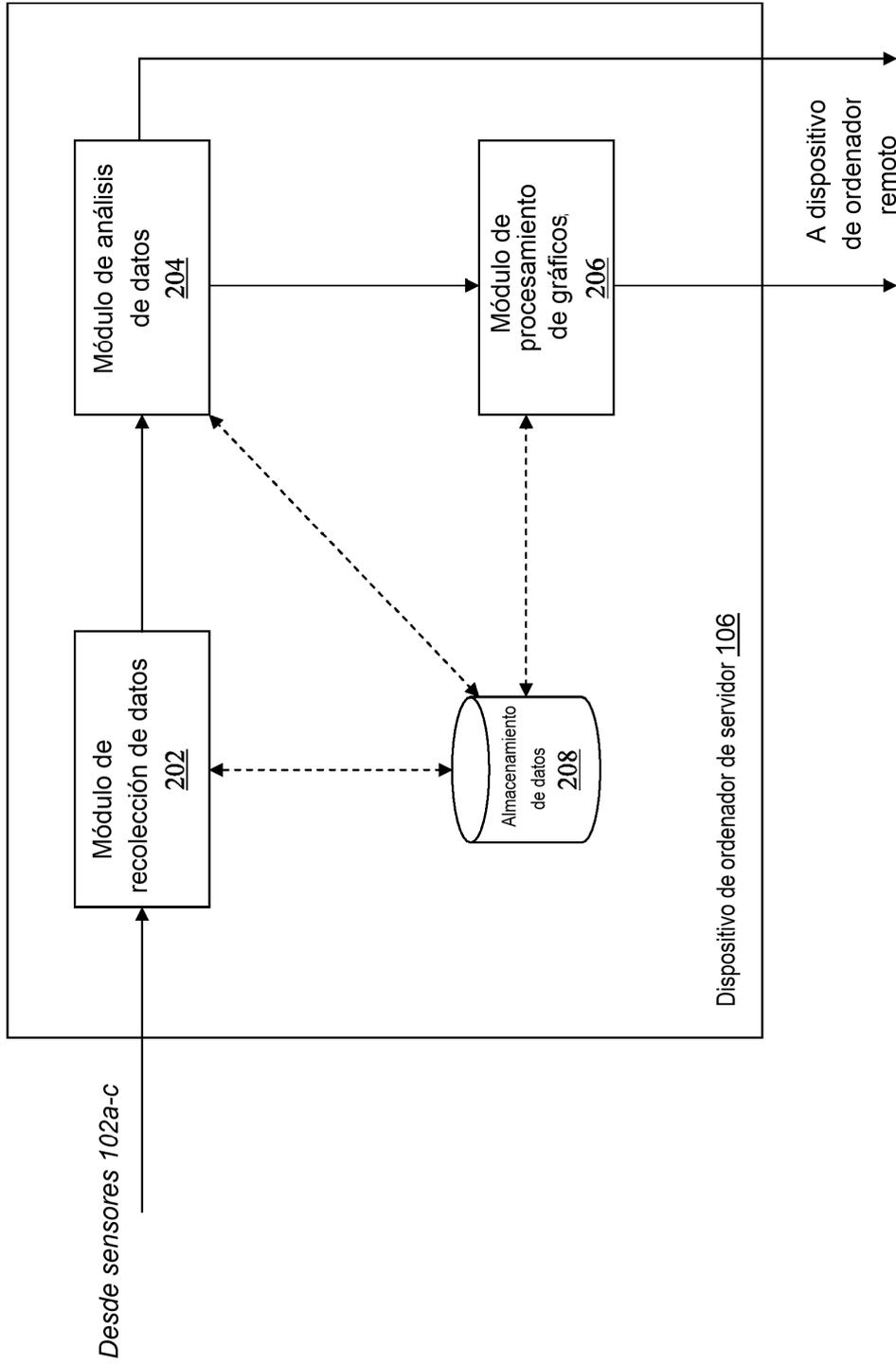


FIG. 2

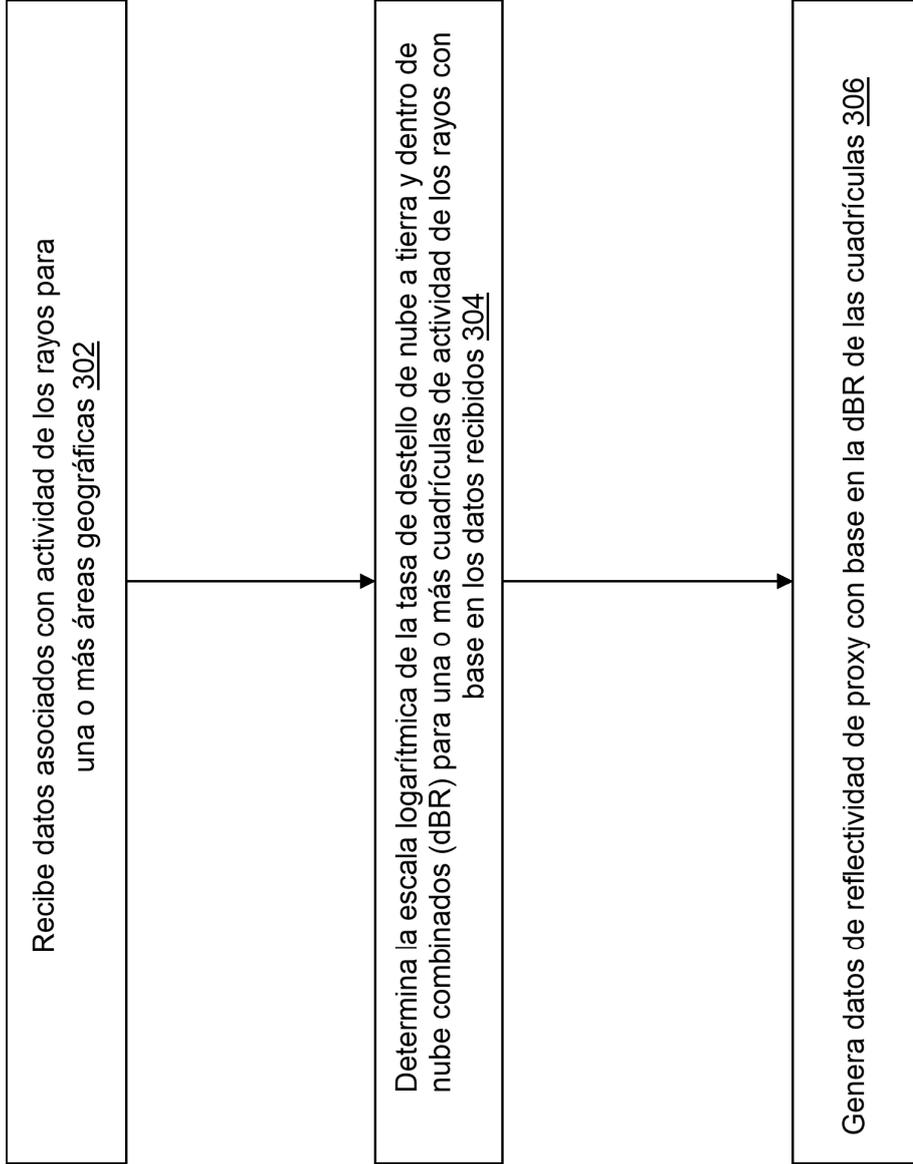


FIG. 3

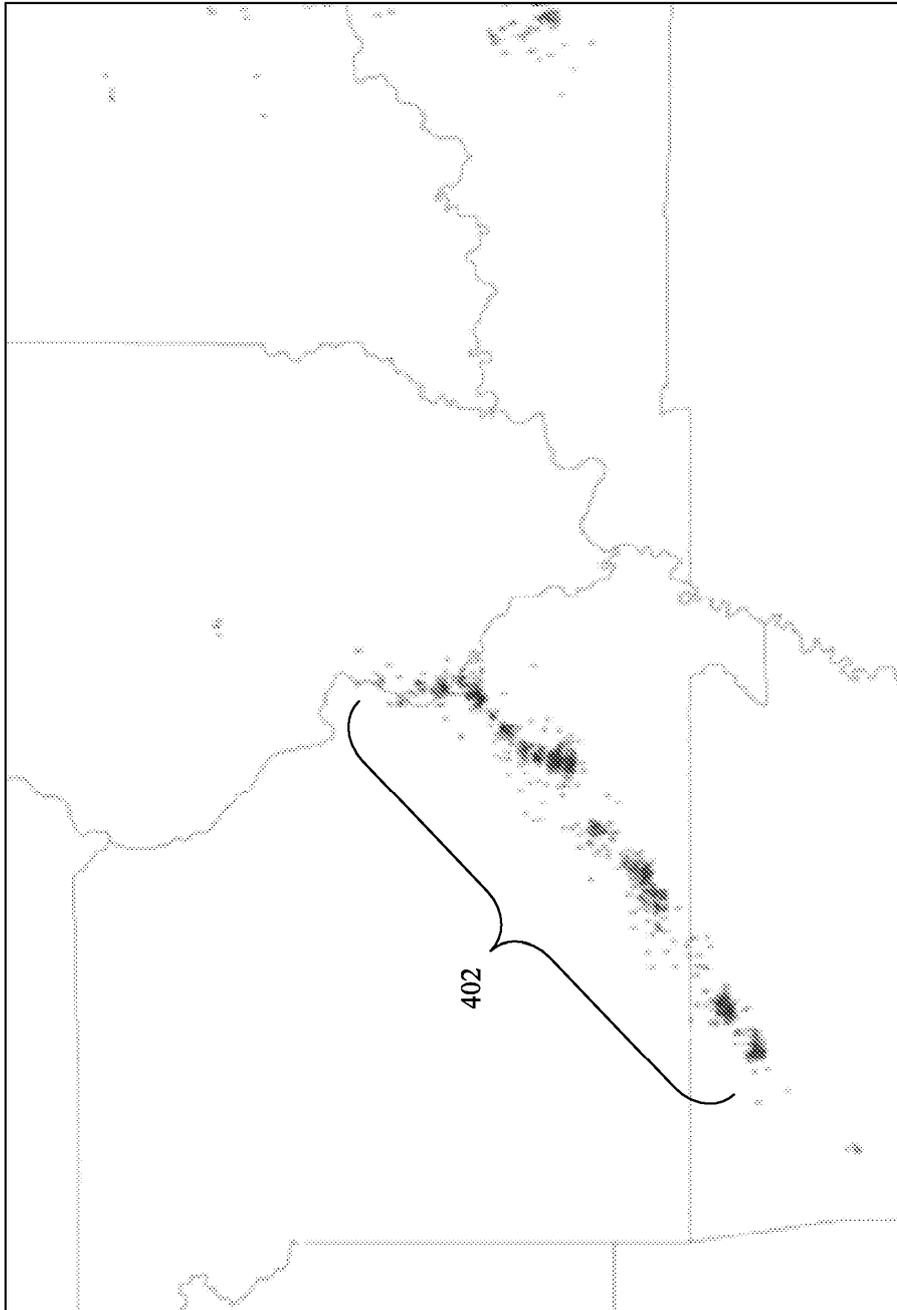


FIG. 4

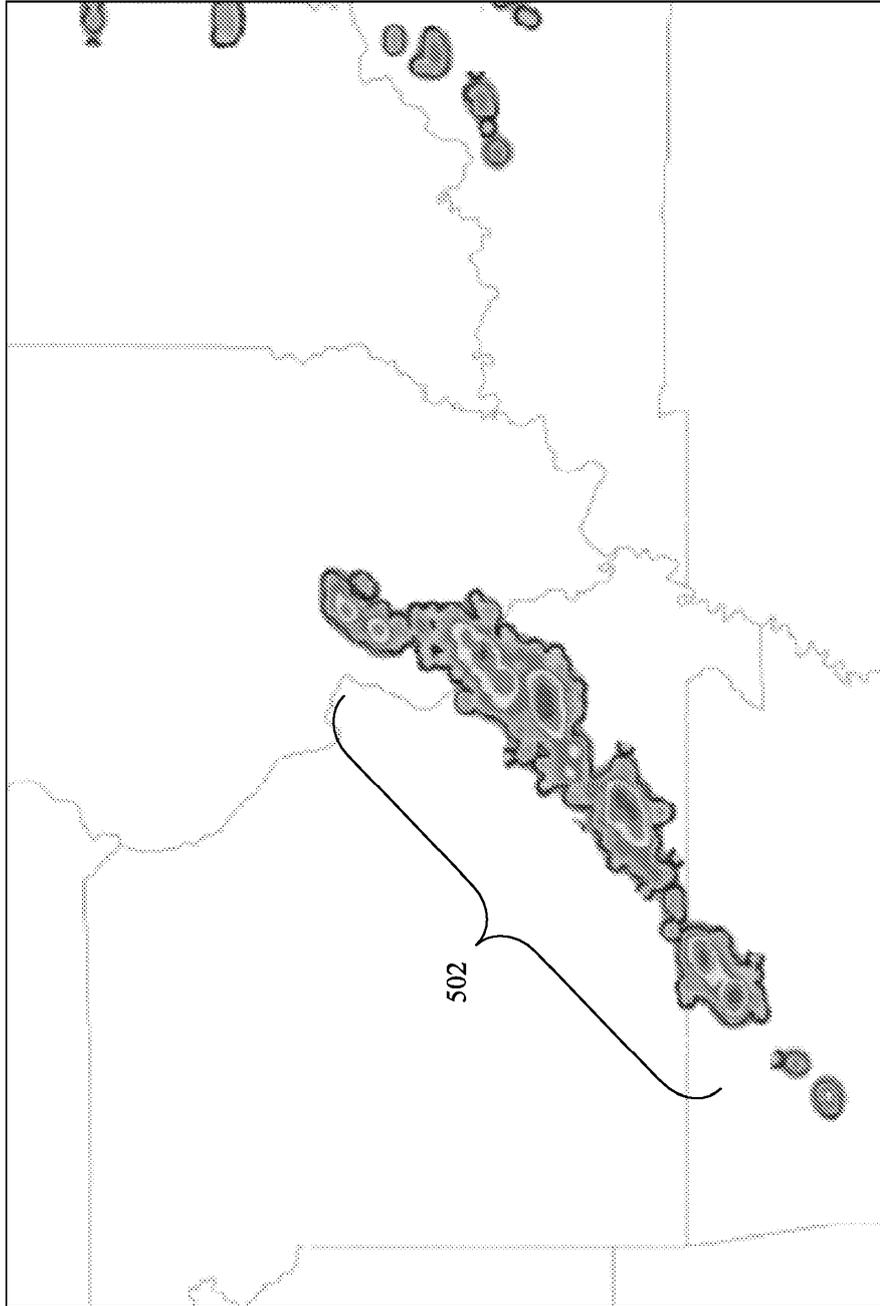


FIG. 5

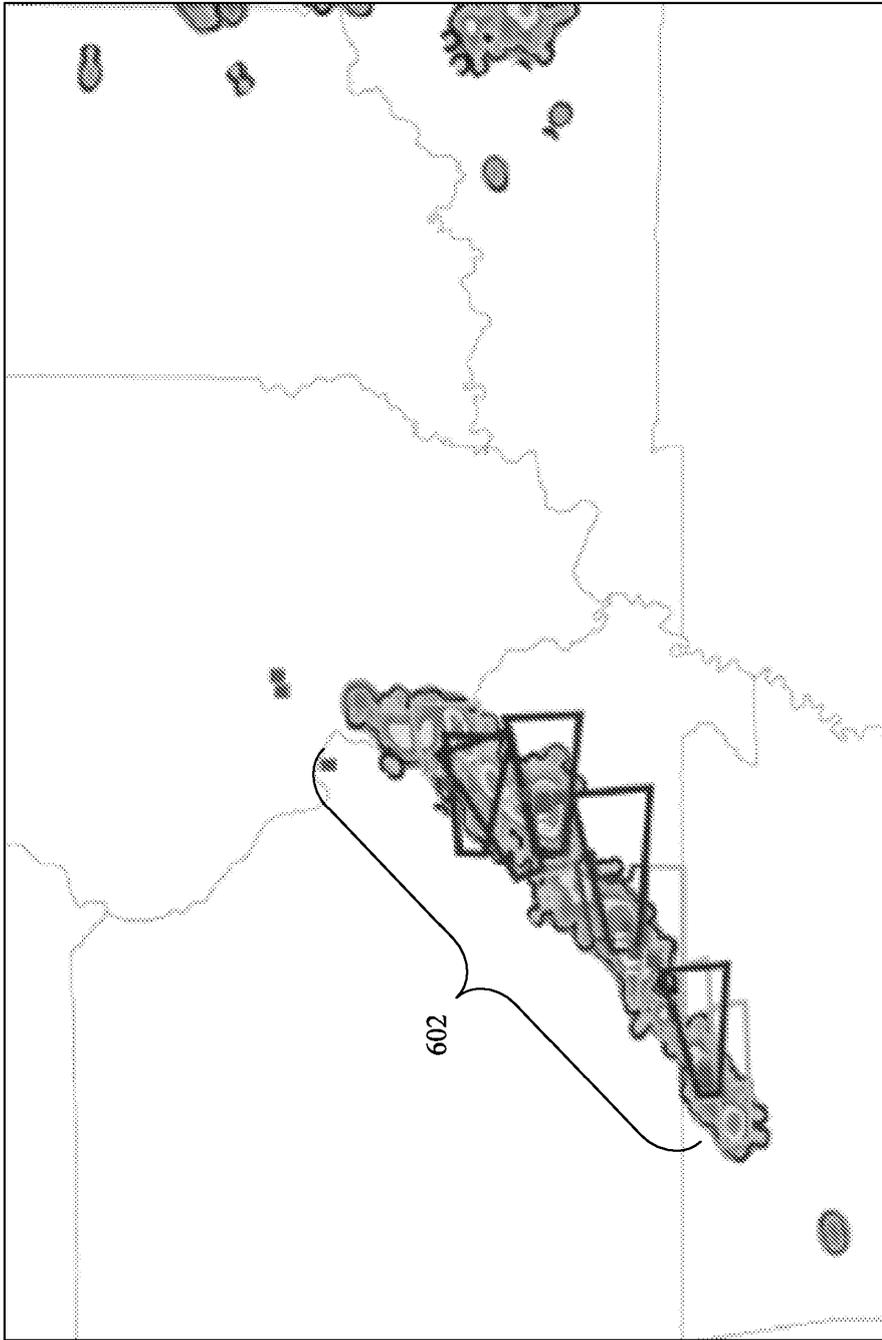


FIG. 6