

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 447 468**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/24** (2006.01)

**H04L 12/28** (2006.01)

**H04W 16/18** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2007 E 07754697 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2013 EP 2082537**

54 Título: **Sistema y método para optimización de secuenciamiento de relocalización**

30 Prioridad:

**02.10.2006 US 849139 P**

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

**12.03.2014**

73 Titular/es:

**CERION OPTIMIZATION SERVICES, INC. (100.0%)  
2591 N. DALLAS PARKWAY, SUITE 404  
FRISCO, TX 75034, US**

72 Inventor/es:

**LIU, FENG;  
LI, DONGDONG;  
EGNER, WILL A.;  
LIAO, CHEN;  
ZHENG, YINDONG y  
LIU, HE**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 447 468 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 para optimización de secuenciamiento de relocalización

Datos Relacionados con la Solicitud

5 La solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional U.S. No. 60/849, 1239, Presentada en octubre 2, 2006, titulada "Sistema y Método para Secuenciar la relocalización de Elementos de la Red para Redes de Comunicación Inalámbrica", cuya aplicación se incorpora aquí mediante referencia.

Referencia Cruzada a Solicitudes Relacionadas

10 La solicitud se relaciona con las siguiente solicitudes de patentes co-pendientes y cedidas en común: Serie 10/585,011, número de solicitud US 2008-0046306 A1, presentada en Junio 29, 2006, titulada "Sistema y Método para Analizar Inversiones Estratégicas en Redes Inalámbricas", y Serie No. PCT/US 06/30744, presentada en Agosto 8, 2006, titulada "Sistema y Método para Reducir los Costos de la Propiedad de Red de Comunicación Inalámbrica".

Campo Técnico

15 La presente invención se relaciona en general con redes de telecomunicación que tienen una pluralidad de elementos de red, y en particular con un sistema y método para generar un plan de secuenciamiento optimizado practicable en redes de telecomunicación

Antecedentes

20 La industria de telecomunicaciones inalámbrica a experimentado un tremendo crecimiento durante los pasados años, con proveedores de servicio inalámbrico que tratan de reducir la búsqueda de favores del cliente al mantener la calidad del servicio y correr de manera homogénea sus redes a bajo costo. Para lograr estas y otras metas, generalmente se puede desarrollar una primera etapa en el planeamiento y optimización de la red de un plan de relocalización. En el plan de relocalización, un planificador de red generalmente determina como configurar los elementos de la red en el área geográfica para cargar el balance de la red debido al crecimiento y a las migraciones de tráfico, minimizar la movilidad del flujo de tráfico para reducir su impacto sobre el desempeño de la red, etc. Las aproximaciones para configurar las patologías de la red para el plan de relocalización de la red se discuten en, por ejemplo, los documentos Patente U.S. No. 5, 937,042, titulada "Método y Sistema para Optimización de relocalización", y Patente U.S. No. 6, 055, 433, titulada "Sistema y Método de Procesamiento de Datos para Balancear una Carga en una Red de Comunicaciones", cuyas patentes se incorporan aquí mediante referencia.

25 En general, simplemente tener un plan de relocalización es insuficiente desde una perspectiva de ejecución. La siguiente etapa para el planeador de la red después de determinar un plan de relocalización generalmente es determinar cómo ejecutar el plan de relocalización considerando las restricciones de ejecución prácticas y la minimización de la afectación del desempeño de la red. Determinar tal plan de secuencia de relocalización óptimo, mientras que se satisface las restricciones prácticas de la red, puede ser difícil y consume tiempo.

30 El documento US 6 055 433 describe un sistema para la relocalización de los suscriptores en una red móvil. El número de etapas de relocalización se debe minimizar en razón a que las actividades de relocalización son costosas. El beneficio de todas las acciones de relocalización se calcula y se totaliza, de tal manera que se puede ejecutar la solución con más alto beneficio.

Resumen de la Invención

40 Estos y otros problemas se resuelven o se circunvala de manera general, y se logran generalmente ventajas técnicas, mediante las realizaciones preferidas de la presente invención que generan un plan de secuenciamiento optimizado practicable para las redes de telecomunicación.

45 Las realizaciones de la presente invención suministran métodos y programas de ordenador para generar un plan de secuenciamiento de relocalización para una red de telecomunicaciones, que comprende ingresar una topología inicial de elementos de la red para la red de telecomunicaciones, generar un plan de secuenciamiento de relocalización inicial para reiniciar la red de telecomunicaciones desde la topología inicial a una topología final de los elementos de la red, y modificar el orden de las etapas de secuenciamiento de relocalización en un plan de secuenciamiento de relocalización inicial para generar un plan de secuenciamiento de relocalización optimizado que tenga costos minimizados.

Otras de las realizaciones de la presente invención suministran un sistema para generar un plan de secuenciamiento de relocalización optimizado para una red de telecomunicaciones, en donde el sistema puede comprender un manejador del plan de secuenciamiento configurado para generar unos planes de secuenciamiento de relocalización para reiniciar la red de telecomunicaciones desde la topología del elemento de la red inicial a una topología del elemento de la red final, un optimizador del plan de secuenciamiento configurado para buscar el plan de secuenciamiento de relocalización optimizado para la red de telecomunicaciones, una calculadora del plan de secuenciamiento configurada para determinar los costos de los planes de secuenciamiento de relocalización, un almacenamiento persistente para almacenar los datos alrededor de las topologías del elemento de red, los elementos de red, y la información de movilidad de la red, un manejador de red configurado para recuperar los datos de almacenamiento persistente y formatear los datos en estructuras de datos utilizables mediante el secuenciamiento del manejador del plan, el secuenciamiento del optimizador del plan, y el secuenciamiento de la calculadora del plan, y una interface de usuario gráfica para interactuar con un usuario del sistema.

Una ventaja de una realización de la presente invención es que este optimiza el secuenciamiento o el orden de los estados de transición de las topologías de la red en lugar de simplemente una instantánea de la topología de la red.

Otra ventaja de una realización de la presente invención es que esta utiliza el secuenciamiento o el orden de los estados de transición de las topologías de la red mientras que se satisfacen las restricciones prácticas de la red.

#### Breve Descripción de los Dibujos

Para un entendimiento más completo de la presente invención, y las ventajas de la misma, se hace referencia a las siguientes descripciones tomadas en conjunto con los dibujos que la acompañan, en los cuales:

FIG. 1 es un diagrama de bloque de una realización preferida de la presente invención;

FIG. 2 es un diagrama de bloque/flujo que ilustra los planes de secuenciamiento y de relocalización generados desde una topología de red inicial y una topología de red final.

FIG. 3 es un diagrama de bloque/ flujo que ilustra las etapas de secuenciamiento de relocalización detalladas en un plan de secuenciamiento de relocalización;

FIG. 4A es una imagen geográfica del desempeño de un plan de secuenciamiento de relocalización;

FIG. 4B es una imagen gráfica del desempeño de un plan de secuenciamiento de relocalización;

FIG. 4C es una imagen de una tabla de reporte del desempeño de un plan de secuenciamiento de relocalización;

FIG. 5 es un diagrama de flujo de un manejador del plan de secuenciamiento;

FIG. 6 es un diagrama de flujo de la calculadora del plan de secuenciamiento;

FIG. 7A es un diagrama de flujo de un proceso de generación de grupo;

Fig. 7B es un diagrama de flujo de un proceso de búsqueda exhaustivo utilizado para optimizar un plan de secuenciamiento de relocalización existente;

FIG. 7C es un diagrama de flujo de un proceso de recocido simulado utilizado para optimizar un plan de secuenciamiento de relocalización existente.

#### Descripción Detallada de las Realizaciones Ilustrativas

La elaboración y utilización de las presentes realizaciones preferidas se discuten en detalle adelante. Se debe apreciar, sin embargo, que la presente invención suministra muchos conceptos inventivos aplicables que se pueden ejemplificar en una amplia variedad de contextos específicos. Las realizaciones específicas discutidas son simplemente ilustrativas de maneras específicas de hacer y utilizar la invención, y no limitan el alcance de la invención.

La presente invención se describirá con respecto a las realizaciones preferidas en un contexto específico, a saber las redes de telecomunicaciones homogéneas y heterogéneas. En particular, la presente invención se describirá con respecto a las redes de telecomunicaciones inalámbricas GSM que tienen una pluralidad de elementos de red tales como estaciones de transceptores base (BTS), controladores de estación base (BSC), y centros de conmutación móvil (MSC). La invención también se puede aplicar, sin embargo, a otras redes de telecomunicaciones que utilizan

optimización de transición de topología de telecomunicación o con otros sistemas que utilizan la reubicación óptima de los recursos interconectados finitos.

De acuerdo con las realizaciones de la invención, un método y sistema puede automáticamente determinar los planes de secuenciamiento de relocalización optimizado practicable. De manera específica, dado un plan de relocalización con una topología de red inicial y una topología de red final, estas realizaciones pueden optimizar el orden de las etapas de secuenciamiento de relocalización de tal manera que el costo total y los costos individuales de las etapas de secuenciamiento de relocalización se minimizan mientras que se satisfacen las restricciones prácticas. Como caso general, en una etapa de secuenciamiento de relocalización, múltiples elementos de red homogénea y heterogénea para la misma red o diferentes redes, respectivamente, se pueden reiniciar en una manera en una forma a manera de grupo. Como un caso especial, los elementos de la red se pueden mover uno por uno en cada etapa de secuenciamiento de relocalización, donde el número de elementos de la red involucradas en la relocalización, es decir, el tamaño del grupo de relocalización, es uno. El grupo de relocalización puede ser agrupado de manera ventajosa de tal manera que los elementos de la red en el grupo de relocalización son adyacentes el uno al otro en términos de distancia geográfica más cercana o menos tráfico de movilidad entre los grupos de relocalización. Dependiendo del tamaño de grupo, el número de las etapas de secuenciamiento de relocalización puede ser diferente para un número dado de elementos de la red en un plan de secuenciamiento de relocalización.

Después de cada etapa de secuenciamiento de relocalización, los costos correspondientes se pueden calcular y expresar en una unidad unificada tal como el valor presente neto (NPV). En general, los costos para cada etapa de secuenciamiento de relocalización se pueden afectar por las etapas de secuenciamiento de relocalización anteriores y puede ser una función de la movilidad de la utilización de los elementos del tráfico y de la red. El costo se puede calificar como mayor si hay, por ejemplo, una carga desbalanceada o más tráfico de movilidad en la red después de la etapa de secuenciamiento de relocalización. Los costos totales para el plan de secuenciamiento de relocalización son una función de los costos de todas las etapas de secuenciamiento en el plan de secuenciamiento de relocalización. Cuando el número de etapas de secuenciamiento en el plan de secuenciamiento de relocalización es grande, los costos totales del plan de secuenciamiento de relocalización pueden ser mayores debido al espacio de tiempo mayor requerido, asumiendo que cada etapa de secuenciamiento toma una cantidad cierta fija de tiempo completarse. Cuando el costo de cada una de las etapas de secuenciamiento individuales es más alto, el costo total del plan de secuenciamiento de relocalización es también más alto.

De acuerdo con potra realización, una serie de etapas de método, tal como la aproximación heurística, una aproximación de búsqueda exhaustiva, una aproximación de recocido simulado, o una combinación de las mismas, puede optimizar automáticamente un plan de secuenciamiento de relocalización existente o generar un nuevo plan de secuenciamiento de relocalización óptimo mientras se satisfacen restricciones prácticas. Si es deseable un nuevo plan de secuenciamiento de relocalización optimizado practicable, los métodos pueden iniciar desde un plan de secuenciamiento de relocalización inicial con una permutación aleatoria o heurística de las etapas de secuenciamiento de relocalización, y luego se puede optimizar este plan de secuenciamiento de relocalización inicial al utilizar uno de los métodos utilizados para optimizar un plan de secuenciamiento de relocalización existente.

Tomando un método de recocido simulado como un ejemplo, el método puede iniciar desde un plan de secuenciamiento de relocalización inicial y puede buscar un plan de secuenciamiento alternativo con un costo mayor o menor. El plan de secuenciamiento alternativo con un costo menor se puede aceptar con mayor probabilidad mientras que el plan con costo mayor se puede aceptar con menor probabilidad. La probabilidad de aceptación de un plan de secuenciamiento de relocalización alternativo con un costo menor gradualmente se puede volver mayor en la medida en que el progreso de la búsqueda se profundice. Aceptar un plan de secuenciamiento de relocalización alternativo con un costo menor se puede utilizar para buscar un plan de secuenciamiento de relocalización globalmente óptimo. En teoría, la aproximación del recocido simulado, puede encontrar el plan de secuenciamiento de relocalización óptimo absoluto con el menor costo. En realidad, la aproximación del recocido simulado, por ejemplo, generalmente puede encontrar un plan de secuenciamiento de relocalización optimizado practicable con un costo muy cercano al costo más bajo. Estas realizaciones también pueden permitir que el planeador de la red ajuste manualmente un plan de secuenciamiento de relocalización existente al cambiar el agrupamiento de los elementos de la red y el orden de las etapas de secuenciamiento.

De acuerdo con otras realizaciones, un método y sistema generalmente pueden desplegar el costo de cada etapa de secuenciamiento de relocalización individual y el costo total del plan de secuenciamiento de relocalización con una interface de usuario gráfica (GUI). El GUI también puede desplegar las topologías de red generadas antes y después de cada etapa de secuenciamiento de relocalización y pueden comparar múltiples topologías de red en un mapa geográfico así como también un formato de reporte. Además, el GUI puede suministrar una plataforma para el planeador de la red para que ajuste manualmente el agrupamiento de los elementos de la red, el agrupamiento de los grupos en una etapa de secuenciamiento de relocalización, y el orden de las etapas de secuenciamiento de relocalización en un plan de secuenciamiento de relocalización. El GUI también puede recibir entradas de parámetro específicas relacionadas con el método del planeador de la red. En el extremo posterior, el almacenamiento persistente puede almacenar las topologías de la red, los costos de las topologías de la red, las historias de

operación del usuario, y las actividades de mantenimiento del sistema misceláneo. El almacenamiento persistente también se puede utilizar para cargar los planes de secuenciamiento de relocalización históricos y para recuperarse del desplome del sistema.

En general, un planeador de red determina un plan de secuenciamiento de relocalización para migrar la red desde una topología de red inicial (o estado) a una topología de red blanco (o estado). En conjunto con las realizaciones descritas aquí, la topología de red final se puede derivar utilizando los sistemas y métodos descritos en el Serial No. PCT/US06/30744, presentada en Agosto 8, 2006 titulado "Sistema y Método para la Reducción de Costos de propietario para Redes de Comunicación Inalámbrica" también en conjunto con las realizaciones descritas aquí, el análisis, despliegue y el desmantelamiento de inversiones de capital en una topología de red se puede efectuar utilizando los sistemas y métodos descritos en el Serial No. 10/585, 011, presentado en Junio 29, 2006, titulado "Sistema y Método para analizar las Inversiones Estratégicas de Red en Redes inalámbricas".

Con referencia a la FIG. 1, se muestra un diagrama de bloque de un sistema de ordenador con la realización preferida 100 para determinar una secuencia de relocalización optimizada practicable para una red de telecomunicaciones. El secuenciamiento de relocalización generalmente se refiere a un conjunto ordenado de estados de red que son etapas medias para migrar la topología de la red desde el estado inicial al estado final. Una secuencia de relocalización particular generalmente es una permutación seleccionada de varias actividades de relocalización. Una actividad de relocalización generalmente cambia la conectividad de la red de un elemento de la red o un grupo de elementos de red. El sistema 100 se puede implementar en un código de software sobre uno o más ordenadores, que pueden ser PC, estaciones de trabajo, servidores y similares, y que pueden estar localizados de manera común o distribuida. El sistema 100 incluye una interface de usuario grafica (GUI) 400 que interactúa con los planeadores de la red y se comunica con los otros componentes en el sistema 100 utilizando unos enlaces de comunicación 102. La GUI 400 se puede visualizar por un planeador de la red en cualquier tipo de pantalla o monitor de ordenador. El manejador del plan de secuenciamiento 500 genera una lista de planes de secuenciamiento, mientras que la calculadora del plan de secuenciamiento 600 calcula los costos de cada etapa de secuenciamiento de relocalización individual así como también el costo total del plan de secuenciamiento de relocalización, y el optimizador del plan de secuenciamiento 700 optimiza un plan de secuenciamiento existente.

El manejador de la red 104 puede almacenar temporalmente las topologías de la red, la demanda de la red, y las capacidades del elemento de la red leído desde un almacenamiento persistente 106, por ejemplo, almacenamiento permanente o magnético no volátil, óptico o electrónico en la forma de archivos, tablas de base de datos, y similares. Los enlaces de comunicación 102 conectan todos los componentes en el sistema de ordenador 100 y suministran intercambios de mensaje entre ellos. Los enlaces de comunicación 102 pueden ser cualquier combinación de protocolos de mensaje inter módulo, buses de ordenador interno o externo, y conexiones de red alamburada o inalámbrica tal como las redes de área local o de área amplia, Ethernet, Internet, y similares. Los varios elementos del sistema 100 se pueden ejecutar en un software ejecutado desde la memoria del sistema tal como al memoria de acceso aleatorio por uno o más procesadores.

Las topologías de la red, los elementos de la red que incluyen sus tipos y capacidades, la movilidad de la red en términos de trasposos y las actualizaciones de ubicación entre los elementos de la red se pueden almacenar magnéticamente, ópticamente y eléctricamente en el almacenamiento persistente 106 en la forma de, por ejemplo, archivos, tablas de base de datos, y cintas. El almacenamiento persistente 106 también puede almacenar planes de secuenciamiento de relocalización históricos y operaciones de usuario. El almacenamiento persistente 106 también puede tener sistemas de espera y de guardado de datos. El sistema de espera puede suministrar espera caliente para minimizar la tasa de falla mientras que el sistema de guardado se puede utilizar para recuperar el sistema de desastres al guardar periódicamente el sistema, por ejemplo, de manera diaria o semanal.

El manejador de la red 104 lee y carga los elementos de la red, las topologías de la red, y las mediciones de movilidad de la red en una estructura de datos interna tal como listas o tablas de función de mezcla. En la calculadora del plan de secuenciamiento 600, un ejemplo de la cual se ilustra con mayor detalle en la FIG .6 se puede llamar por el manejador del plan de secuenciamiento 500, un ejemplo de la cual se ilustra con mayor detalle en la FIG. 5, el optimizador del plan de secuenciamiento 700, un ejemplo del cual se ilustra con mayor detalle en la FIG. 7, para calcular el costo de cada etapa de secuenciamiento de relocalización y el costo total del plan de secuenciamiento de relocalización. El optimizador del plan de secuenciamiento 700 puede ejecutar procesos de optimización tales como la búsqueda heurística, la búsqueda exhaustiva, y las aproximaciones de recocido simuladas para buscar el plan de secuenciamiento de relocalización con menor costo. El manejador del plan de secuenciamiento 500 puede recibir las entradas de usuario desde el GUI 400 y puede determinar que componente correspondiente en el sistema 100 se debe llamar para ejecutar los comandos de usuario. El GUI 400, un ejemplo del cual se ilustra con más detalle en la FIG. 4, puede ser utilizado para ingresar las entradas de usuario y también desplegar las etapas de secuenciamiento de relocalización en un mapa geográfico en un formato de reporte.

Como un ejemplo de secuencia de relocalización de la red, con referencia a la FIG. 2, una red inicial consiste de BTS1- BTS3, BSC1- BSC2, y MSC1 – MSC2. Una red final consiste de BTS1 – BTS4, BSC1 – BSC3, y MSC1 – MSC2. Nótese que estos BTS, BSC, y MSC pueden ser de una red homogénea (por ejemplo todos de una red GSM

o todos de una red UMTS) o redes heterogéneas (por ejemplo, parte de una red GSM y parte de una red UMTS). Como se utiliza aquí, al menos que se indique otra cosa por el contexto, las redes heterogéneas se entiende que incluyen las redes homogéneas. En este ejemplo, en las actividades de relocalización de los elementos de la red desde el estado de la red inicial al estado de la red final son:

- 5 A1: BTS3 Existente es conectado al BSC3 en lugar de al BSC2;
- A2: El nuevo BTS4 es conectado al BSC3;
- B1: El BSC2 existente es conectado al MSC1 en lugar del MSC2; y
- B2: El nuevo BSC3 es conectado al MSC2.

10 El secuenciamiento de relocalización desde el estado de la red inicial al estado de la red final es una permutación de las actividades de relocalización A1, A2, B1, y B2. El número de permutaciones generalmente es el factorial del número de actividades de relocalización, y en este caso, para 4 actividades de relocalización es el factorial de 4, es decir,  $4! = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$ . Así, en este ejemplo, existen 24 planos de secuenciamiento posibles para migrar la red desde el estado de la red inicial al estado de la red final. Un posible plan de secuenciamiento es [B2, A2, A1, B1] como se muestra en la Fig. 3, con la actividad de relocalización B2 ejecutada antes de A2, A2 antes de A1, y A1 antes de B1. Con el fin de seleccionar un plan de secuenciamiento de relocalización óptimo, generalmente todas estos posibles planes de secuenciamiento se deben comparar y uno con al menos el costo se debe seleccionar.

20 El costo del plan de secuenciamiento de relocalización generalmente no es una suma simple de todos los costos incurridos en cada etapa de secuenciamiento de relocalización individual, sin embargo, en razón a que las actividades de relocalización se correlacionan y una etapa de secuenciamiento de relocalización anterior afecta el costo de ejecutar las etapas de secuenciamiento de relocalización posteriores. En este ejemplo, el costo de ejecutar la actividad de relocalización [B2, A2, A1, B1] generalmente no es igual a la suma de los costos en que se incurrió al ejecutar las etapas de secuenciamiento de relocalización A1, A2, B1, y B2 separadamente. El costo total y el costo de las transiciones del estado de la red se puede calcular utilizando una unidad unificada, tal como el valor presente neto (NPV), donde la factibilidad, los costos de ejecución, el desempeño de la red, la utilización del elemento de la red durante el plan de secuenciamiento de relocalización, y los límites de la red tal como la capacidad limite etc., se trasladan a tal unidad unificada.

30 Uno puede imaginar fácilmente que, dada la transición de la red con un gran número de actividades de relocalización, el número de posibles planes de secuenciamiento de relocalización puede ser muy grande. La más simple pero tediosa y costosa manera de encontrar un plan de secuenciamiento de relocalización óptimo es comparar los costos de todos los posibles planes de secuenciamiento. Si el número de actividades de relocalización es N, el número de posibles planes de secuenciamiento es N factorial o  $N!$ . El costo de todos los posibles temas de secuenciamiento se debe calcular en un tiempo  $O(N!)$ , y el más pequeño se debe seleccionar al comparar los costos de un tiempo  $O(N! \log(N!))$ . La complejidad total generalmente es  $O(N!)$ , que es un problema completo de tiempo Polinomial no determinístico (NP-completo); que es, que el problema no puede generalmente ser resuelto en un tiempo polinomial. Obviamente, tal como un método de fuerza bruta generalmente no es prácticamente factible. Para reducir la complejidad del cómputo en hallar el plan de secuenciamiento óptimo absoluto, los procesos que corren en un tiempo polinomial se deben utilizar para generar un plan de secuenciamiento de relocalización optimizado practicable. El plan de secuenciamiento de relocalización optimado practicable puede no ser absolutamente óptimo, sino que en gen eral logra un costo minimizado que es cercano al costo mínimo absoluto logrado por el plan de secuenciamiento de relocalización óptimo absoluto, mientras que al mismo tiempo satisface las restricciones prácticas de la red. En particular, el costo minimizado del plan de secuenciamiento de relocalización optimizado practicable puede estar dentro del 20%, preferiblemente dentro del 10%, o más preferiblemente dentro del 5%, del costo mínimo global del plan de secuenciamiento de relocalización óptimo absoluto.

45 La FIG. 2 ilustra adicionalmente la generación del plan de secuenciamiento de relocalización como se implementó en el sistema siendo la FIG.1. La topología de la red inicial 202 y la topología de la red final 206 son cargadas en secuencial y manejador del plan 500 de almacenamiento persistente 106 por el manejador de la red de llamada 104. Luego de secuenciar el manejador del plan 500 llama la calculadora del plan de secuenciamiento 600 o el optimizador del plan de secuenciamiento 700 para generar planes de secuenciamiento factibles 220. La generación del plan de secuenciamiento 204 incluye un manejador del plan de secuenciamiento 500 y planes de secuenciamiento general 220. Como se estableció anteriormente, en este ejemplo existe un total de 24 planes de secuenciamiento.

55 Las topologías de la red 202 y 206 se pueden cargar mediante las etapas de cargue 212 y 214, respectivamente. El plan de secuenciamiento de relocalización se puede desplegar 216 a un planeador de la red. Un ejemplo de una etapa de secuenciamiento de relocalización 228, esto es, el movimiento de la conectividad de los elementos de la red, se muestra en la topología de red inicial 202. Las cuatro etapas de relocalización A1, A2, B1 y B2 se listan en el

fondo de la FIG. 2. Dentro de la topología de la red 202 o 206, los múltiples elementos de la red tal como el MSC2 208, BSC3 218 y BTS4 224 se representan como rectángulos. Los elementos se conectan mediante enlaces de conectividad, tal como el enlace de conectividad 210 que conecta el MSC2 y el BSC2. El límite de la línea punteada del BSC3 218 y el BTS4 224 en la topología de red inicial 202 indica que estos son nuevos elementos de red. El límite de la línea sólida del BSC3 222 y BTS4 226 en la topología de red final 206 indica que estos elementos de red son parte de la red de topología final 206. En la etapa de secuenciamiento de relocalización B1 228, por ejemplo, el BSC3 22 se agrega a la red y se conecta al MSC2, y la etapa de secuenciamiento de relocalización A2, BTS4 226 se agrega a la red y se conecta al BSC3 222. De manera similar, la etapa de secuenciamiento de relocalización B1 denota que el BSC2 se conecta al MSC1, en lugar del MSC2, en la topología de la red final y en la etapa de secuenciamiento de relocalización 1, denota que el BTS3 se conecta al BSC3, en lugar del BSC2 en la topología de la red final.

Con referencia ahora a la FIG. 3, se describen las etapas de secuenciamiento de relocalización detalladas en un plan de secuenciamiento de relocalización 300. En la FIG. 3, el plan de secuenciamiento es tomado como [B2, A2, A1, B1] como un ejemplo. La topología de la red inicial 304 es evolucionada a una topología de red final 312 a través del plan de secuenciamiento 302. En la primera etapa de secuenciamiento de relocalización 314, un nuevo BSC3 se agrega a la red y se conecta al MSC2, con la topología de red resultante denotada como componente 306. De la topología de la red 306, un nuevo BTS4 se agrega a la red y se conecta al BSC3 en la segunda etapa de secuenciamiento 316. En la topología de la red 308, una tercera etapa de secuenciamiento de relocalización de red 318 se ejecuta al reiniciar un BTS3 existente desde el BSC2 al BSC3. Finalmente, la topología de la red 310 es evolucionada a la topología de la red final 312 al reiniciar el BSC2 existente desde el desde el MSC2 al MSC1 en la cuarta etapa de secuenciamiento de relocalización 320. Como se puede ver en este ejemplo, cada etapa de secuenciamiento o relocalización en el plan de secuenciamiento [B2, A2, A1, B1] resulta en una nueva topología de red. En este ejemplo, el número de elementos de la red manipulados en cada etapa de secuenciamiento de relocalización es solo uno. Las realizaciones de la presente invención también incluyen el movimiento de los elementos de la red en a manera de grupo, donde los elementos de la red están agrupados en grupos de acuerdo con los indicadores de desempeño tal como la distancia, tráfico de movilidad, y eventos de actualización de ubicación entre los elementos.

Con referencia ahora a la FIG. 4A, el GUI 400 es descrito desplegando una representación geográfica de la topología de la red y sus calibraciones de desempeño durante el plan de secuenciamiento de relocalización. En una porción superior de la pantalla, existen botones que describen las etapas de secuenciamiento de relocalización en un orden ascendente desde 1 a 5 por ejemplo. La etapa de secuenciamiento de relocalización seleccionada corriente es 5, en donde el botón 402 está resaltado. Si el planeador de la red obtura el botón menos 404, el GUI 400 desplegará una etapa hacia atrás desde el corriente, el cual en este ejemplo reiniciaría la etapa de secuenciamiento 4. De otro lado, si el planeador de la red obtura el botón de más 406, el GUI 400 desplegará una etapa delante de la corriente, la cual en este ejemplo reiniciaría la etapa de secuenciamiento 6, si la etapa 6 existe. Si el número total de etapas es 5 y la etapa 5 se despliega, preservar el botón 406 continuaría mostrando la etapa de secuenciamiento de relocalización corriente, es decir la etapa 5.

Cuando un planeador de red selecciona una etapa de secuenciamiento de relocalización, tal como la etapa 5 402, el GUI 400 despliega las ubicaciones geográficas de los elementos de la red en la topología de la red corriente y específicamente, el estado de los elementos de la red en el plan de secuenciamiento de relocalización antes de la ejecución de la etapa de secuenciamiento de relocalización 5. Los elementos de la red se agrupan en grupos y se marcan utilizando el número de secuenciamiento correspondiente de la etapa de secuenciamiento de relocalización. Por ejemplo, el grupo 1 408 incluye, por ejemplo, 9 elementos BTS, se localiza en el BSC1 414, que puede ser codificado con color utilizando, por ejemplo, un color rosado y marcado mediante su etapa de secuenciamiento de relocalización 4, que indica que los elementos de la red BTS del grupo 1 se reiniciaron en BSC1 414 después de la etapa de secuenciamiento de relocalización 4. Nótese que cada polígono único en el mapa 412 puede ser codificado con color para representar el área de servicio geográfica del BSC único, y los puntos coloreados con el mismo color pueden representar el BTS que pertenece al mismo grupo de relocalización. Otros BTS que muestran en el plan de secuenciamiento de relocalización se pueden establecer para ser indivisibles.

Otro ejemplo es el grupo 2 410, que se puede codificar con color, en, por ejemplo, color café y se marca como etapa de secuenciamiento de relocalización 7. En razón a que la etapa de secuenciamiento de relocalización corriente mostrada en la etapa 5 en este ejemplo, el grupo 2 410 se localiza en el área de servicio del BSC2 416 antes de su etapa de relocalización. En el tablero de rayas en la porción inferior del GUI 400, la utilización de la tabla 418 muestra el cargue del BSC antes de la ejecución de la etapa de secuenciamiento de relocalización 5. La utilización del BSC puede ser codificada con color de tal manera que se asigne el color rojo al BSC con una utilización mayor y un color verde al BSC con una utilización mayor para mostrar el nivel de balanceo de una mera intuitiva o cualitativa.

El indicador de desempeño 420 muestra el desempeño del límite de las áreas de servicio para la etapa de secuenciamiento de relocalización corriente. El desempeño del límite de las áreas de servicio se mide en la carga del tráfico de movilidad en los diferentes elementos de la red. En este ejemplo, los traspasos entre los BSC y los MSC es decir, los traspasos inter BSC o los traspasos inter MSC se utilizan para medir el desempeño del límite de

las áreas de servicio. El impacto de la movilidad también se puede indicar al utilizar las actualizaciones de ubicación entre los BSC y los MSC. El desempeño límite de las áreas de servicio junto con la utilización de los elementos de la red pueden ser parte de la función de costo utilizada para utilizar las etapas de secuenciamiento de relocalización, como se describirán en detalle aquí adelante con respecto a las FIGS. 6 y 7.

5 Con referencia ahora a la FIG. 4B, se describe una imagen de una gráfica o tabla del desempeño de un plan de secuenciamiento de relocalización, tal como lo muestra o saca el GUI 400. En este ejemplo de plan de secuenciamiento de relocalización, existen 41 etapas de secuenciamiento de relocalización 422. La utilización de los elementos de las red, por ejemplo, los BSC, se grafican para cada etapa de secuenciamiento de relocalización 422, suministrando así una perspectiva general del plan de secuenciamiento de relocalización. La utilización de los  
10 elementos de la red en cada etapa de secuenciamiento de relocalización tiene la misma utilización ilustrada en la gráfica 418 en la FIG. 4A. Como ejemplo, la utilización de un BSC particular, por ejemplo, el B SC06 428, se muestra en aproximadamente el 97,2% de utilización antes de ejecutar la etapa de secuenciamiento de relocalización 4 426. Después de reiniciar los elementos de la red en el grupo 4 a otro BSC, es decir, después de ejecutar la etapa de secuenciamiento de relocalización 4, la carga del BSC 06 cae dramáticamente por debajo de 80%.

15 La utilización del plan de secuenciamiento de relocalización se puede calcular al tomar la utilización máxima a través de todas las etapas de secuenciamiento de relocalización, lo que se da en 97,2% en el indicador de desempeño 424 del plan de secuenciamiento de relocalización. Aunque la utilización del BSC se emplea como un ejemplo para la función de costo, otras funciones de costo tales como la utilización MSC, los trasposos inter BSC, los trasposos inter- MSC las actualizaciones de localización inter-BSC, las actualizaciones de localización inter- MSC, y similares,  
20 también se pueden utilizar como indicadores del desempeño. En general, la función de costo se puede utilizar para mostrar el costo de cada etapa de secuenciamiento de relocalización y para el plan de secuenciamiento de relocalización total, y se describe con más detalle aquí adelante con respecto a la adecuación (5)

Con referencia ahora a la FIG. 4C, se describe una imagen del reporte del desempeño de un plan de secuenciamiento de relocalización, como se muestra o se saca por el GUI 400. La columna 430 denota el orden de  
25 las etapas de secuenciamiento de relocalización, donde los múltiples grupos 434 se pueden incluir en una etapa de secuenciamiento de relocalización única 430. En este ejemplo, los números de grupo de relocalización 1 y 2 están en la etapa de secuenciamiento de relocalización 1. El número de grupos de relocalización 1 incluye 10 sitios y el número de grupos de relocalización 2 incluye 15 sitios, como se muestra en la columna 456. Por lo tanto existen un total de 25 sitios en la etapa de secuenciamiento de relocalización 1. El grupo 1 es reiniciado de un elemento de red padre inicial BSC3 (columna 436) al BSC1 de la red final (columna 438). Después de reiniciar el grupo 1, el BSC1 de la columna 432 se convierte en el elemento de la red que tiene la carga más alta (columna 442) con 97,2% de  
30 utilización en términos de la utilización del transceptor (TRX) (columna 446). Otras utilidades tales como el 94,5% de la carga del sector en la columna 444, 91,5% de la carga Erlang en la columna 448, 92,5% de carga de intentos de llamada en hora ocupada (BHCA) en la columna 450, 84,5% de carga T1 en la columna 452, y 84,2% de carga de la unidad de control empaquetada (PCU) en la columna 454 no son tan altos como la utilización TRX en la columna 446. En razón a que la utilización máxima limita la capacidad de los elementos de la red BSC1 en la columna 432 se dice que se constriñe por el TRX en la columna 440.

Los reportes también listan el número de los sitios en la columna 456, el número de sectores en la columna 458, el número de TRX en la columna 460, el BHCA en la columna 462, el Erlang en la columna 464, el Ater T1 en la  
40 columna 466, Abis T1 en la columna 468, el número de SS7 DS0 en la columna 470, el número de canales PCU DS0 en la columna 472, y el costo total en la columna 474 para cada grupo. Nótese que el elemento de restricción también puede ser un MSC como se muestra en la columna 432 para el grupo 4. En general, la relocalización de un grupo puede dar como resultado temas de carga en las múltiples capas de los elementos de la red directa o indirectamente conectados a esta.

45 Con referencia ahora a la FIG. 5, se describe un diagrama de flujo para secuenciar el manejador del plan 500. El manejador del plan de secuenciamiento 500 se puede iniciar, por ejemplo, cuando este recibe el cálculo de secuenciamiento de relocalización o los comandos de optimización del GUI 400. El manejador del plan de secuenciamiento 500 puede cargar la demanda del BTS, BSC, y MSC en términos del sector, TRX, Erlang, BHCA, PCU, Ater T1, Abis T1, SS7 DS0, los canales PCU DS0 y similares, en la etapa 502. El manejador del plan de  
50 secuenciamiento 500 también puede cargar la movilidad entre los elementos de la red tal como los trasposos y las actualizaciones de ubicación, y las topologías de la red tal como la conectividad BTS a BSC y la conectividad BSC a MSC al utilizar el manejador de la red 104. Como una función opcional en la etapa 504, el manejador del plan de secuenciamiento 500 puede desplegar la demanda de entrada, la conectividad de la red, y la utilización de los elementos de la red por vía del GUI 400 de manera similar al formato mostrado en la FIG. 4A 400.

55 Después de cargar los datos de entrada, el manejador del plan de secuenciamiento 500 recibe la entrada del planeador de la red a través de la GUI 400 a la etapa 506. Si el planeador de la red tiene un plan de secuenciamiento de relocalización de la red existente para cargar, el manejador de la red 104 puede ser llamado para cargar el plan de secuenciamiento de relocalización del almacenamiento persistente 106 en la etapa 518 y desplegar el plan de secuenciamiento de relocalización existente en un mapa geográfico o en los reportes al llamar

la calculadora secuenciamiento de relocalización 600 al utilizar la GUI 400 en la etapa 520. Si el plan de secuenciamiento de relocalización inicial no es satisfactorio, el planeador de la red puede seleccionar optimizar el plan de secuenciamiento de relocalización existente a la etapa 522. De otra manera, si el plan de secuencia no es ingresado, una permutación aleatoria de las etapas de relocalización o una aproximación heurística se puede utilizar para generar un plan de secuenciamiento de relocalización en la etapa 508. Como un ejemplo de la inicialización heurística, un elemento de la red, por ejemplo, un BSC, con una carga más pesada le es dada una prioridad más alta en la secuencia de relocalización.

La optimización de un plan de relocalización existente o un plan de secuenciamiento de relocalización inicial generado aleatoriamente se conduce secuenciar el optimizador del plan 700 en la etapa 510. Después de la optimización, el plan de secuenciamiento de relocalización optimizado se puede desplegar mediante el GUI 400 en la etapa 512. Luego el planeador de la red puede solicitar vía GUI 400 la aceptación del plan de secuenciamiento de relocalización en la etapa 514. Si el planeador de la red selecciona aceptar el plan de secuenciamiento de relocalización, el proceso de optimización de secuenciamiento de relocalización finaliza en el bloque 524. De otra manera, al planeador de la red se le puede permitir utilizar el GUI 400 para modificar manualmente el pan de secuenciamiento de relocalización en la etapa 516, que puede incluir cambiar los elementos de la red en un grupo, cambiando los grupos en la etapa de secuenciamiento de relocalización, cambiando las etapas de secuenciamiento de relocalización en un plan de secuenciamiento de relocalización, y similar. Cuando el plan de secuenciamiento de relocalización se finaliza, el plan de secuenciamiento de relocalización se puede ejecutar en una red de telecomunicaciones al ejecutar las actividades de relocalización en el orden suministrado por el plan de secuenciamiento de relocalización.

Con referencia ahora a la FIG. 6, se describe un diagrama de flujo de una calculadora del plan de secuenciamiento 600. La calculadora del plan de secuenciamiento 600 se puede iniciar en la etapa 602 para escuchar los mensajes del evento. La calculadora del plan de secuenciamiento 600 puede revisar las solicitudes de mensaje del GUI 400 para ver si hay una solicitud para calcular los costos del plan de secuenciamiento de relocalización (etapa 604), calcular los costos de una etapa de secuenciamiento de relocalización (etapa 606), calcular los costos de un grupo de secuenciamiento de relocalización (etapa 608), o finalizar el proceso de secuenciamiento de relocalización (etapa 616). Si se solicitan cualquiera de estos, entonces se invocan los módulos correspondientes. En particular, el módulo 610 calcula los costos del plan de secuenciamiento de relocalización, el módulo 612 calcula el costo de una etapa de secuenciamiento de relocalización, y el módulo 614 calcula el costo del grupo de secuenciamiento de relocalización.

Como un ejemplo, si la calculadora del plan de secuenciamiento 600 se solicita para calcular el costo de un plan de secuenciamiento de relocalización, se llama al módulo 610. El módulo 610 puede hacer una o múltiples llamadas al módulo 612 para calcular los costos de las etapas de secuenciamiento de relocalización dentro del plan de secuenciamiento de relocalización, y utilizar los costos de estas etapas para determinar los costos totales del plan de secuenciamiento de relocalización. De manera similar, el módulo 612 puede hacer una o múltiples llamadas al módulo 614 para calcular los costos de todos los grupos de secuenciamiento de relocalización dentro de una etapa de secuenciamiento de relocalización y utilizar los costos de estos grupos para determinar los costos totales de la etapa de secuenciamiento de relocalización. Como un caso especial, el grupo puede incluir solamente un elemento de red. En otros casos, el grupo puede incluir dos, tres, cuatro o más elementos de red.

La función del costo se puede implementar con una aproximación unificada con todos los costos representados en las mismas unidades, por ejemplo, el método NPV. La función del costo de un plan de secuenciamiento de relocalización generalmente es una función de las etapas de secuenciamiento de relocalización ordenadas en el plan. Como un ejemplo, el plan de secuenciamiento de relocalización denotado como P representa como:

$$P = [S_{P1}, S_{P2}, \dots, S_{Pn}, \dots, S_{PN}], \quad (1)$$

Donde  $S_{Pn}$  es la etapa enésima de secuenciamiento de relocalización en el plan de secuenciamiento de relocalización P. La función de costo C(P) del plan de secuenciamiento de relocalización P se representa como:

$$C(P) = f_p(C(S_{P1}), C(S_{P2}), \dots, C(S_{Pn}), \dots, C(S_{PN})), \quad (2)$$

Donde  $f_p()$  es una función lineal o no lineal y  $C(S_{Pn})$  es la función de costo de la etapa de secuenciamiento enésima de relocalización en el plan de secuenciamiento de relocalización P. Si  $f_p$  es una función lineal, el promedio de la función de costo C(P) en la ecuación (2) se puede expresar como:

$$C_{prom}(P) = prom_{n=1 \dots N} \{w(S_{Pn}) \times C(S_{Pn})\}, \quad (3)$$

Donde  $\text{prom} \{w(S_{pn})C(S_{pn})\}$  es el valor promedio tomado sobre todos los  $w(S_{pn}) \times C(S_{pn})$ ,  $1 \leq n \leq N$  y donde  $n = 1 \dots N$   $w(S_{pn})$  es la función de peso de la etapa de secuenciamiento enésima de relocalización en el plan de secuenciamiento de relocalización P. Si  $f_p$  es una función no lineal el máximo, de la función de costo de C(P) en la ecuación (2) se puede expresar como:

$$C_{\max}(P) = \max_{n=1 \dots N} \{w(S_{pn}) \times C(S_{pn})\}, \quad (4)$$

Donde  $\max_{n=1 \dots N} \{w(S_{pn})C(S_{pn})\}$  es el valor pico tomado sobre todos los  $w(S_{pn}) \times C(S_{pn})$   $1 \leq n \leq N$ .

La función de costo C(P) se puede expresar como la suma ponderada de la función de costo máximo en promedio como:

$$C(P) = w_{\max}(P)C_{\max}(P) + w_{\text{prom}}(P)C_{\text{prom}}(P), \quad (5)$$

y  $w_{\max}(P) + w_{\text{prom}}(P) = 1$

Si se utiliza el método NPV, el peso  $w(S_{pn})$  se puede expresar como  $w(S_{pn}) = (1+r)^{-TPn}$ , donde r es la tasa de retorno mensualmente computada, y TPn es el número de meses entre el mes de ejecución de la etapa de secuenciamiento enésima de relocalización y el mes de ejecución de la primera etapa de secuenciamiento de relocalización en el plan de secuenciamiento de relocalización P. La tasa de retorno diaria o anual también se puede utilizar para calcular el NPV.

$C(S_{pn})$  es la función de costo de la etapa de secuenciamiento enésima de relocalización en el plan de secuenciamiento de relocalización P, que se puede expresar como

$$C(S_{pn}) = w_{\text{carga}} C_{\text{carga}}(S_{pn}) + w_{HO} C_{HO}(S_{pn}). \quad (6)$$

Donde

$$w_{\text{carga}} + w_{HO} = 1. \quad (7)$$

La ecuación (6) anterior, y  $C_{\text{carga}}(S_{pn})$  es el costo de capital y operacional para ejecutar la etapa de relocalización  $S_{pn}$ , determinada al utilizar la utilización máxima de cada elemento de la red en términos del sector, las utilidades TRX, Erlang, BHCA, PCU, Ater T1, Abis T1, SS7 DS0, y PCU DS0. Un ejemplo de expresión de la utilización puede ser en un formato similar a aquel mostrado en la FIG. 4.  $C_{HO}(S_{pn})$  es el ingreso generado al ejecutar la etapa de relocalización  $S_{pn}$  al utilizar el desempeño del límite medido en términos de movilidad inter elemento tal como y los trasposos inter- BSC e inter-MS.

La diferencia de costo entre los planes de secuenciamiento de relocalización P y Q se definen como:

$$\Delta C(P-Q) = C(P) - C(Q). \quad (8)$$

Si  $\Delta C(P-Q) < 0$ , es decir,  $C(P) < C(Q)$  el plan de secuenciamiento de relocalización P es mejor que el plan de secuenciamiento de relocalización Q en términos de menos costo. Si  $\Delta C(P-Q) \geq 0$ , es decir,  $C(P) \geq C(Q)$ , el plan de secuenciamiento de relocalización Q es mejor que el plan de secuenciamiento de relocalización P en términos de menos costos.

De manera similar al cálculo de la función de costo de  $C(S_{pn})$ , la función de costo de un grupo es una suma ponderada de la utilización máxima de cada elemento de red en el grupo después de reiniciar el grupo en términos del sector, las utilidades TRX, Erlang, BHCA, PCU, Ater T1, Abis T1, SS7 DS0, y PCU DS0 y el desempeño del omite medido en términos de movilidad inter elemento tal como los trasposos inter- BSC e inter- MSC.

Con referencia ahora a la FIG. 7A, se describe un diagrama de flujo de un proceso de generación de grupo. El optimizador del plan de secuenciamiento 700 se puede utilizar para agrupar los elementos de la red a ser reiniciados y reducir los costos del plan de secuenciamiento de relocalización. La generación del grupo puede ser la primera etapa en la optimización del plan de secuenciamiento de relocalización. Un ejemplo de a regla del mando de botón para agrupamiento es agrupar los elementos de la red adyacente.

- El planeador de red usualmente agrupa los sitios adyacentes con la misma sub red blanco en un grupo y reiniciarlos juntos. Un diagrama triangular Voronoi se puede seleccionar para generar las relaciones de vecindad entre todos los sitios de relocalización. Con base en la relación, los nodos de la red se pueden fusionar en súper nodos. Se puede generar una red de alto nivel, que esté compuesta de súper nodos. Cada triangulo Voronoi puede ser descompuesto en tres pares vecinos. Para configurar la relación de vecindad, se puede generar una lista con pares vecinos únicos y guardarlas en el objeto de la red. Un desplazamiento a través de la lista puede agregar vecinos específicos. Para registrar la información, cada nodo puede necesitar una lista nueva de vecinos. La lista puede ser diferente de la lista de vecinos original, que está basada en las entradas de traspaso y se puede utilizar para calcular los traspasos entre las sub redes.
- Para generar una red de alto nivel compuesta de grupos, la distancia entre todos los pares de sitios adyacentes como se indicó por la relación de vecindad Voronoi se puede calcular la distancia de todos los sitios pares adyacentes tal como se indicó por la vecindad Voronoi. Si dos nodos que pertenecen a la misma sub red, tienen la misma sub red blanco y la distancia más cercana, se puede crear un súper nodo compuesto de dos nodos. Los súper nodos de los súper nodos pueden seguirse construyendo, hasta que haya solamente un súper nodo (o grupo) para cada sub red blanco de relocalización. Luego, se efectúa una búsqueda al más alto nivel para un orden de secuenciamiento óptimo. Si no se encuentra una solución satisfactoria a mayor nivel, se puede efectuar lo contrario para desempacar las capas de súper nodos por la capa de respaldo en la red original para encontrar una solución. Si se alcanza la red original, lo que generalmente indica que solamente se puede reiniciar un sitio en cada etapa, lo cual es generalmente muy poco probable que ocurra.
- En referencia ahora de nuevo a la FIG. 7A, la topología de red actual se carga en la etapa 702. Un grupo de elementos de red, tal como el BSC, se puede tratar tal como una sub red. Algunos de los elementos de red tal como los BTS en una sub red (por ejemplo el BSC inicial), van a ser reiniciados en una sub red blanco (por ejemplo un BSC blanco) mientras que otros elementos de la red van a ser reiniciados en otra sub red blanco, con el resto de los elementos de la red dejados en la sub red original. Si hay una sub red que no esté agrupada (etapa 704), la sub red es cargada y los elementos vecinos Voronoi se construyen para todos los elementos de red en la sub red (etapa 706) y la distancia se escoge en un orden ascendente (etapa 708). Luego, los nodos vecinos a ser reiniciados en una sub red blanco son agrupados para crear el súper nodo (etapa 710). Después de que todos los nodos en la sub red se han agrupado (etapa 712), la siguiente sub red es agrupada. Después del agrupamiento de todas las sub redes, el proceso de agrupamiento termina (etapa 714).
- Con referencia ahora a la FIG. 7B, se describe un diagrama de flujo de un proceso de búsqueda exhaustivo para optimizar un plan de secuenciamiento de relocalización existente. El proceso de búsqueda exhaustivo intenta generalmente lograr ganancia en cada movimiento de relocalización hasta que no se pueda encontrar más ganancia. En esta realización, el proceso de búsqueda exhaustivo puede aceptar una ganancia negativa para movimientos intermedios en tanto que la ganancia final sea positiva. Esta característica puede incrementar el espacio de búsqueda y puede ayudar a saltar desde mínimos locales.
- El proceso de búsqueda exhaustivo obtiene primero la secuencia inicial en la etapa 716. Partiendo de la primera etapa de secuenciamiento de relocalización, la ganancia es computarizada y se intenta encontrar la máxima ganancia de la etapa 718. En la etapa 720, para incrementar el espacio de búsqueda, se pueden hacer múltiples continuas conmutaciones en tanto que la ganancia total sea positiva. Para reducir el costo de cómputo, el espacio de búsqueda se puede limitar mediante un número máximo de etapas de secuenciamiento de relocalización de nueva búsqueda, por ejemplo a menos de 5 como se muestra en la etapa 722. En ese caso, solo el factorial de 5, es decir  $5! = 120$  etapas de secuenciamiento de relocalización requieren ser buscadas en una iteración de búsqueda, que reduce significativamente la complejidad del cómputo. La ganancia máxima para estas cinco etapas de secuenciamiento de relocalización se encuentra en la etapa 724. Si la ganancia máxima es mayor de 0 (etapa 726), las cinco etapas de secuenciamiento de relocalización se aceptan en la etapa 730. De otra manera, la etapa 728 busca de nuevo hasta que se acaban todas las cinco etapas de secuenciamiento de relocalización (etapa 732). Si la ganancia máxima entre dos búsquedas es menor que un valor pequeño, por ejemplo, 0,01% entonces la búsqueda se puede detener y el plan de secuenciamiento de relocalización puede ser sacado en la etapa 734. De otra manera, se conduce otra búsqueda regresando de nuevo a la etapa 716.
- Con referencia ahora a la FIG. 7C, se describe un diagrama de flujo de un proceso de recocido simulado para optimizar un plan de secuenciamiento de relocalización existente. El recocido simulado es un proceso de optimización global, para la cual la inspiración inicial viene de la técnica de recocido que involucra calentamiento y enfriamiento controlado de un material para incrementar el tamaño de sus cristales y reducir sus defectos. En general, en un recocido simulado, algunas de las secuencias peores se permiten, pero la frecuencia de aceptar una secuencia peor disminuye gradualmente en la medida en que el método avanza, hasta que finalmente solo las mejores frecuencias se permiten. Por lo tanto, este proceso incluye generalmente tres procedimientos: (1) aceptar una mejor secuencia de relocalización; (2) aceptar una peor secuencia con probabilidad, que puede ayudar a evitar que el método se atasque en un óptimo local; y (3) disminuir gradualmente la temperatura para reducir la probabilidad de aceptar una secuencia peor en términos de programa de enfriamiento. La terminología "temperatura" se deriva del proceso físico de recocido por analogía. Este es un parámetro que controla la probabilidad de aceptar

una secuencia peor. Un proceso de recocido simulado generalmente tiene una convergencia garantizada en una solución óptima global con probabilidad 1 en la medida en que el número de iteraciones de búsqueda va hasta infinito. Para un número limitado de iteraciones, el proceso converge a una solución óptica global con una aproximación de probabilidad 1.

- 5 En referencia de nuevo al diagrama de flujo del proceso de recocido simulado mostrado en la FIG. 7C, el secuenciamiento inicial  $s_0$  se puede generar utilizando una inicialización heurística o una inicialización aleatoria y se puede denominar como secuenciamiento de relocalización corriente  $sb$  (etapa 736). El costo  $C(sb)$  del plan de secuenciamiento de relocalización corriente  $sb$  se puede calcular al utilizar la ecuación (5) anterior. La temperatura inicial  $T$  se puede ajustar a  $T_0$  en la etapa 738. La iteración de búsqueda corriente del proceso  $k$  SA (etapa 740) tiene un número máximo  $K_{max}$ . En cada iteración, la temperatura  $T$  se divide en intervalos iguales  $L$ , con la etapa corriente  $i$  representando el intervalo  $i^{ésimo}$  a la (etapa 742).

- 15 El plan de secuenciamiento de relocalización vecino  $sn$  es generado del secuenciamiento de relocalización corriente  $sb$  en la etapa 744 para cada etapa de secuenciamiento de relocalización. Una secuencia de vecindad se genera a través de la modificación de la secuencia corriente. Un mecanismo de modificación intercambia aleatoriamente el orden de dos etapas de secuenciamiento de relocalización en la secuencia. El costo del plan de secuenciamiento de relocalización vecino  $C(sn)$ , determinado de acuerdo a la ecuación (5) en la etapa 746, se compara con el costo del plan de secuenciamiento de relocalización corriente  $C(sb)$  en la etapa 748. Una comparación de los dos planes de secuenciamiento de relocalización  $sn$  y  $sb$  en términos de la función de costos se define en la ecuación (8) y es dada por  $\Delta C = C(sn) - C(sb)$ . Si el plan de secuenciamiento de relocalización vecino  $sn$  es mejor que el plan de secuenciamiento de relocalización corriente  $sb$ , es decir,  $\Delta C < 0$ , la secuencia vecina  $sn$  se acepta incondicionalmente la etapa 750. De otra forma, la secuencia vecina  $sn$  se acepta con probabilidad  $P_t = e^{-\Delta C/T}$  en la etapa 752.

- 25 Después de que se incrementa esta temperatura en la etapa 754 hasta que se alcanza la etapa máxima  $L$  (756). Entonces la temperatura  $T$  se eleva  $\alpha$  veces en la etapa 758. El proceso continua a la siguiente iteración de  $k$  (etapa 760) hasta que el número máximo de iteración  $K_{max}$  o se alcanzan los criterios de terminación (etapa 762). Los otros criterios de terminación pueden incluir el escenario en donde no existen incrementos significativos a la función de costo para varias iteraciones. El secuenciamiento de relocalización optimizado es sacado en la etapa 764. El proceso de recocido simulado también puede ajustar el valor de  $\alpha$  a ser menor de uno con el fin de enfriar la temperatura a alcanzar.

- 30 Ante la presente invención y sus ventajas se han descrito en detalle, se debe entender que varios cambios, sustituciones y alteraciones se puedan hacer aquí sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones finales. Por ejemplo, muchas de las características y funciones discutidas anteriormente se pueden ejecutar en un código de programa de ordenador como un software, hardware o firmware, o combinaciones de los mismos. Más aun, el alcance de la presente solicitud no pretende estar limitado a las realizaciones particulares del proceso, máquina, elaboración, composición de materia, medios, métodos y etapas descritos en la especificación. Como lo apreciaría fácilmente una persona experta en la técnica de la descripción de la presente invención, procesos, máquinas, elaboración, composiciones de materia, medios, métodos o etapas, actualmente existentes o posteriormente desarrolladas, que efectúan sustancialmente la misma función o sustancialmente el mismo resultado que las realizaciones correspondientes descritas aquí se pueden utilizar de acuerdo con la presente invención. De acuerdo con esto, las reivindicaciones finales pretenden incluirse dentro del alcance de tales procesos, máquinas, elaboración, composiciones de materia, métodos, o etapas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de generar un plan de relocalización (220) para una red de telecomunicaciones, el método comprende:
- ingresar una topología inicial (202) de elementos de red para una red de telecomunicaciones (502);
- 5 generar un plan de relocalización inicial para reiniciar los elementos de red seleccionados de la red de telecomunicaciones desde la topología inicial (202) a una topología final (206) de los elementos de red (508);
- modificar un orden de etapas de relocalización en el plan de relocalización inicial (708) para generar un plan de relocalización optimizado practicable que incurra en costos minimizados (748); y
- ejecutar el plan de relocalización optimizado practicable en la red de telecomunicaciones.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en donde modificar el orden de las etapas de relocalización comprende una de simular un proceso de recocido, un proceso de búsqueda exhaustivo, y un proceso de búsqueda heurístico para generar el plan de relocalización optimizado practicable.
3. El método de la reivindicación 1, en donde el costo minimizado incurrido por el plan de relocalización optimizado comprende utilización total minimizada de los elementos de red y el tráfico de movilidad inter elemento.
- 15 4. El método de la reivindicación 3, en donde la utilización de los elementos de red comprende una utilización seleccionada del grupo que consiste de: carga del sector, utilización del transceptor, carga Erlang, carga de intentos de llamada en hora ocupada, carga de unidad de control empaquetada, carga T1, utilización del canal DS0, y combinaciones de los mismos; y
- en donde el tráfico de movilidad inter elemento comprende traspasos inter elemento y actualizaciones de ubicación inter elemento.
- 20 5. El método de la reivindicación 1, en donde después de cada etapa de relocalización, el costo incurrido por la etapa de relocalización se calcula y se expresa como un valor presente neto.
6. El método de la reivindicación 1, en donde generar el plan de relocalización inicial comprende ingresar el plan de relocalización inicial, el método comprende además ingresar la topología final.
- 25 7. El método de la reivindicación 1, en donde el generar el plan de relocalización inicial comprende utilizar una permutación aleatoria a una selección heurística de etapas de relocalización para crear el plan de relocalización inicial.
8. El método de la reivindicación 1, que comprende además, antes de modificar el orden de las etapas de relocalización, agrupar los elementos de red adyacentes en grupos de relocalización de tal manera que los
- 30 elementos de red adyacentes se agrupen en una de las etapas de relocalización.
9. El método de la reivindicación 8, en donde la vecindad de los elementos de red se determina por la distancia geográfica o el tráfico de movilidad inter elemento.
10. El método de la reivindicación 8, en donde existe solamente uno de los elementos de red en cada uno de los grupos de relocalización.
- 35 11. El método de la reivindicación 8, que comprende además combinar los adyacentes de los grupos de relocalización en una de las etapas de relocalización.
12. El método de la reivindicación 1, en donde modificar el orden de las etapas de relocalización comprende además comparar al menos dos planes de relocalización intermedios al determinar la diferencia en sus respectivos costos incurridos, y generar el plan de relocalización utilizado practicable que comprende además seleccionar el plan
- 40 de relocalización intermedio con los costos relativos más bajos incurridos.
13. Un sistema para generar un plan de relocalización optimizado practicable (220) para una red de telecomunicaciones, el sistema comprende:

## ES 2 447 468 T3

- un manejador de plan de secuenciamiento (500) configurados para generar planes de relocalización para reiniciar los elementos de red seleccionados de la red de telecomunicaciones desde una topología de elemento de red inicial (202) a una topología de elemento de red final (206),
- 5 un optimizador de plan de secuenciamiento (700) configurado para buscar el plan de relocalización optimizado practicable para la red de telecomunicación al modificar el orden en las etapas de relocalización para generar el plan de relocalización optimizado practicable (708);
- una calculadora de plan de secuenciamiento (600) configurada, cuando es llamada por el manejador del plan de secuenciamiento y/o por el optimizador del plan de secuenciamiento, para determinar los costos incurridos por los planes de relocalización (746);
- 10 un almacenamiento persistente (106) para almacenar los datos alrededor de las topologías de reglamento de red, los elementos de red, y la información de movilidad de la red;
- un manejador de red configurado para recuperar los datos del almacenamiento persistente y formatear los datos en estructuras de datos utilizables para el manejador de plan de secuenciamiento (500), el optimizador de plan de secuenciamiento (700) y la calculadora del plan de secuenciamiento (600); y
- 15 una interface de usuario grafica (400) para interactuar con un usuario del sistema; y
- Enlaces de comunicación (102) que conectan el manejador de plan de secuenciamiento (500), el optimizador del plan de secuenciamiento (700), la calculadora del plan de secuenciamiento (600), el manejador de la red (104), el almacenamiento persistente (106) y la interface de usuario grafica (400) las unas con las otras.
- 20 14. El sistema de la reivindicación 13, en donde la interface de usuario gráfica se configura para desplegar el plan de relocalización o:
- en una serie de mapas geográficos, y en donde la interface de usuario gráfica se configura para recibir entradas del usuario del sistema para reagrupar manualmente los elementos de red en un grupo, reagrupar los grupos en etapas de relocalización, y reordenar las etapas de relocalización en el plan de relocalización; o
- 25 en una gráfica o formato de reporte que muestra los costos incurridos por los elementos de red y mediante una utilización de los elementos de red para cada etapa de relocalización en el plan de relocalización.
15. Un producto de programa de ordenador para generar un plan de relocalización (220) para una red de telecomunicaciones, el producto de programa de ordenador comprende:
- código de programa de ordenador para ingresar una topología inicial de los elementos de red para la red de telecomunicaciones (502);
- 30 el código de programa de ordenador para generar un plan de relocalización inicial para reiniciar los elementos de red seleccionados de la red de telecomunicaciones desde la topología inicial (202) a una topología final (206) de los elementos de red (508); el código de programa de ordenador para modificar un orden de las etapas de relocalización en el plan de relocalización inicial (708) para generar un plan de relocalización optimizado practicable que incurre en costos minimizados (748), y
- 35 el código de programa de ordenador para implementar el plan de relocalización optimizado practicable en la red de telecomunicaciones.

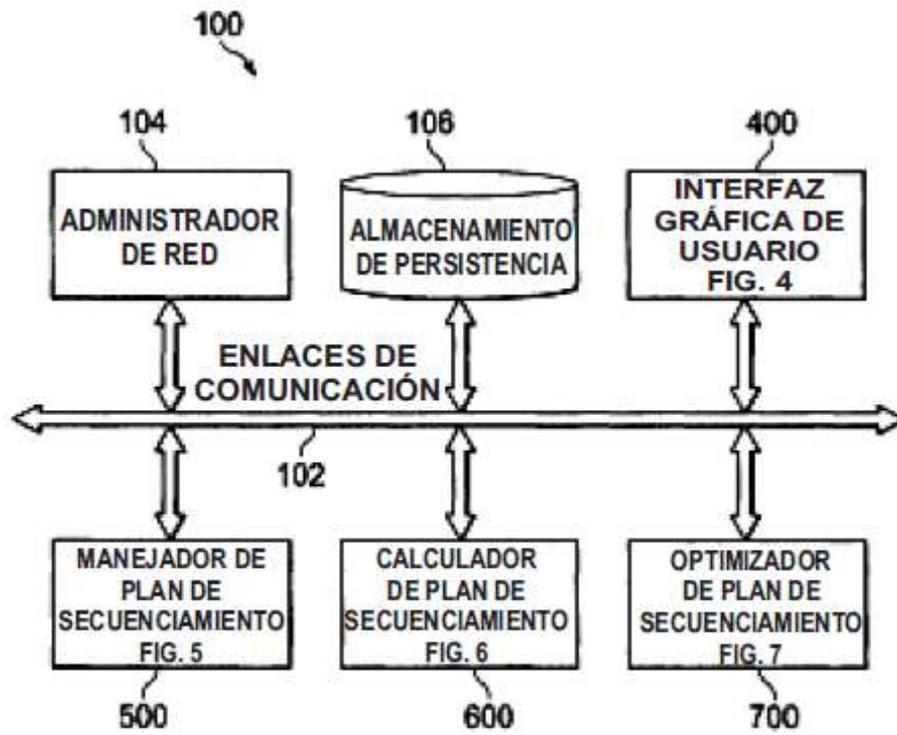


FIG. 1

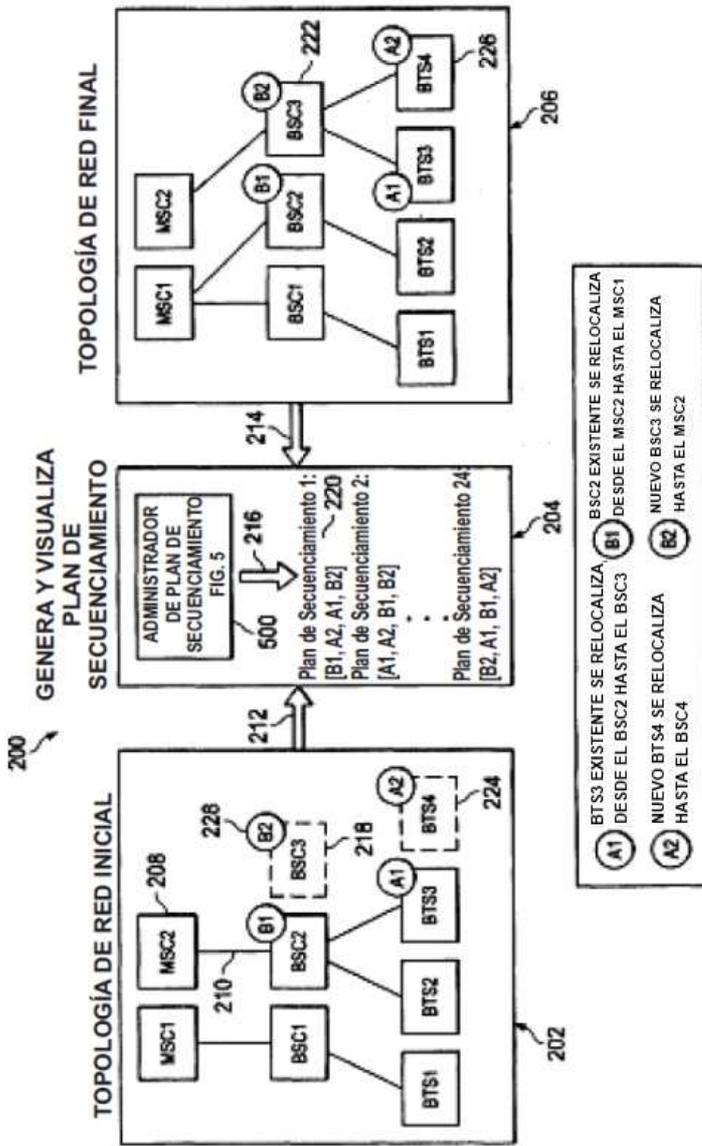
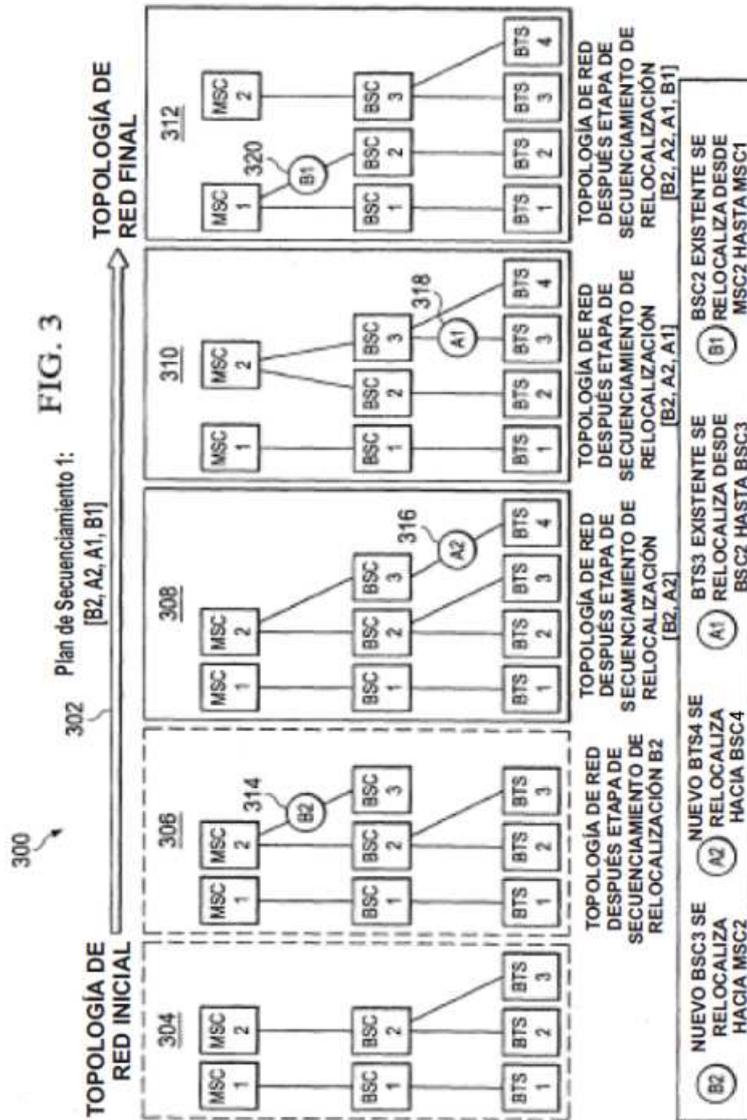
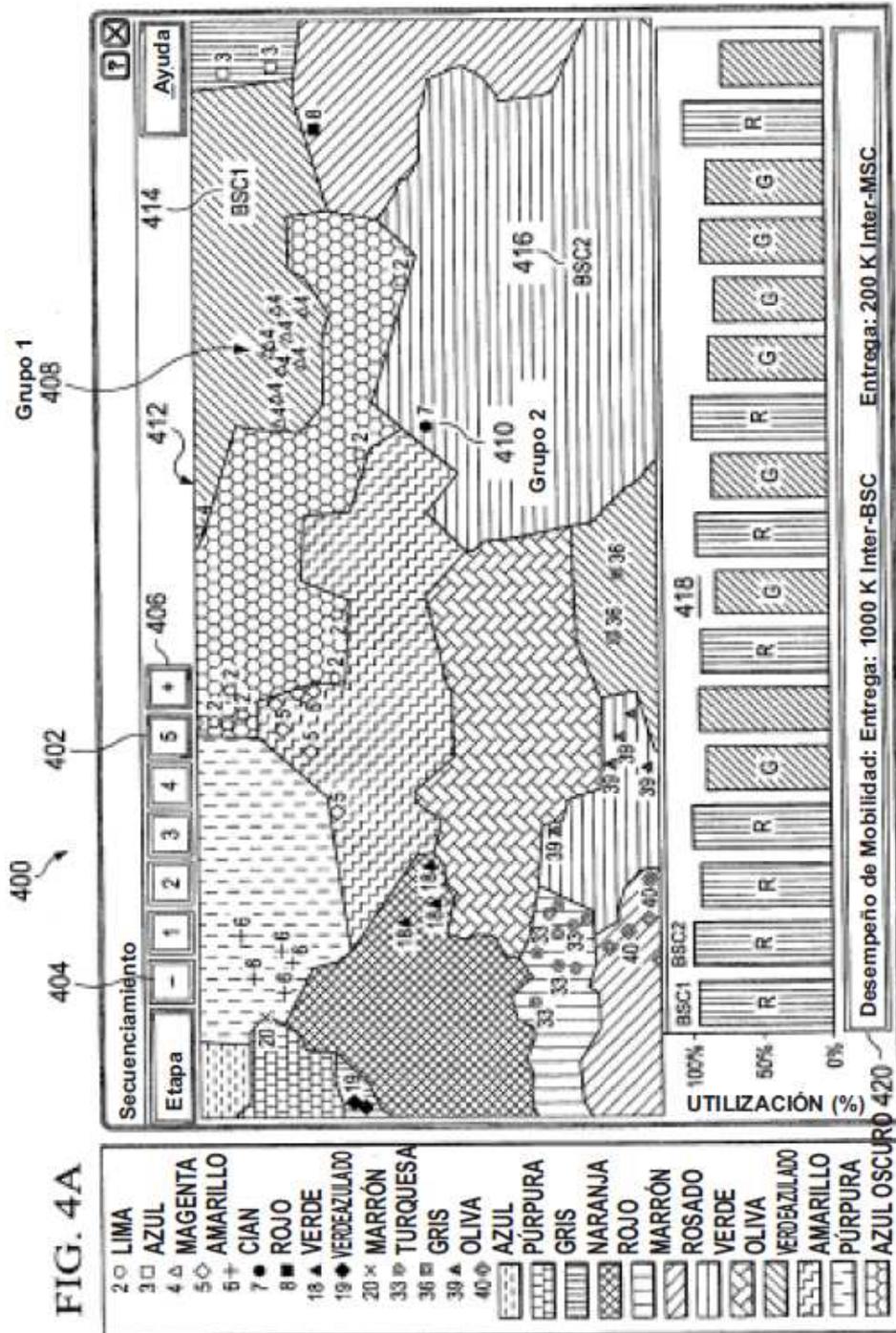
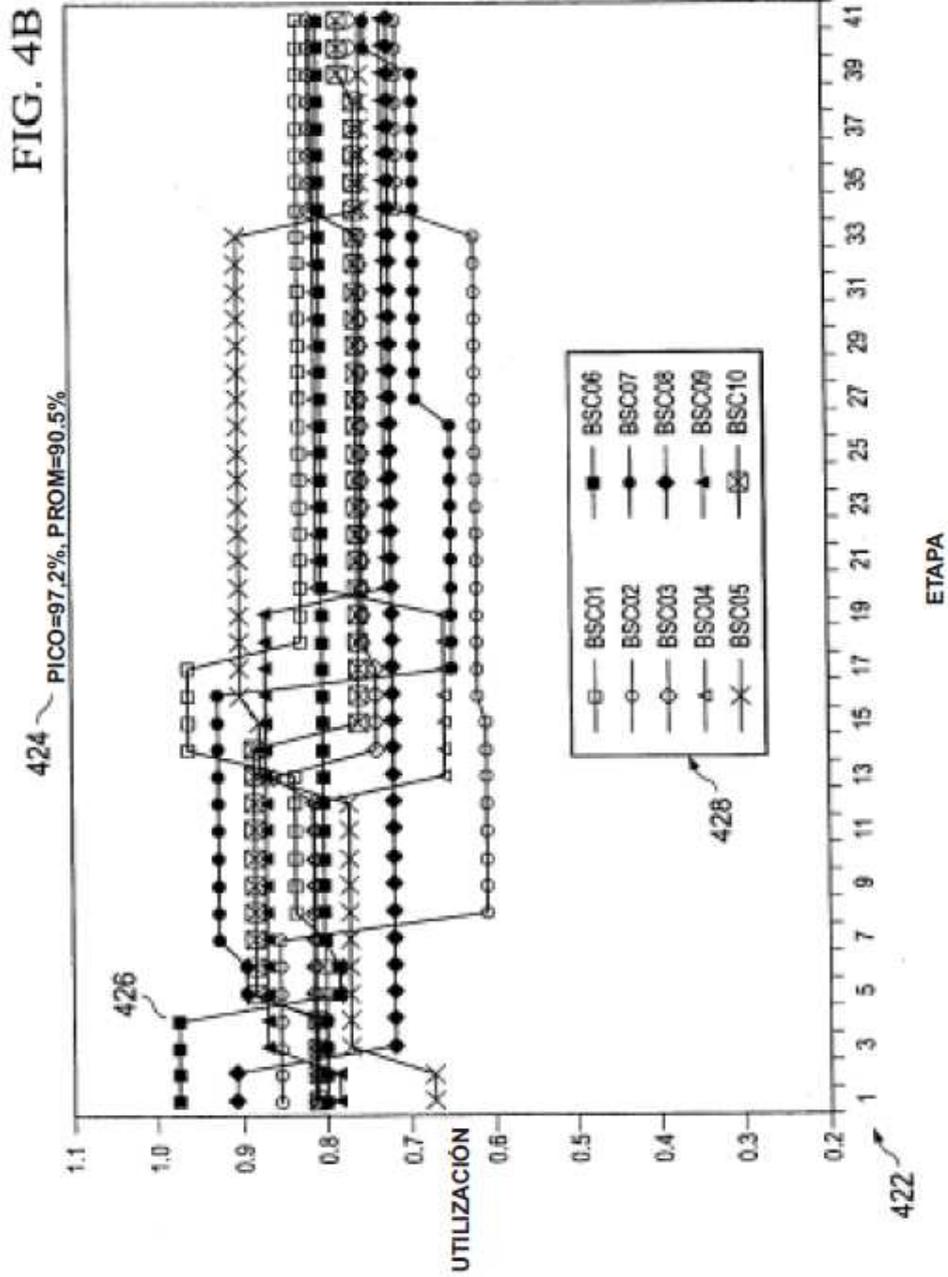


FIG. 2







A LA FIGURA 4C-2

430	432	434	436	438	440	442	444	446	448	450
ETAPA	ELEMENTO DE RESTRICCIÓN	NÚMERO DE GRUPO DE RELOCA-LIZACIÓN	ELEMENTO PARIENTE INICIAL	ELEMENTO PARIENTE FINAL	RESTRICCIÓN POR	CARGA MÁXIMA DE ELEMENTO	CARGA DE SECTOR DE ELEMENTO	CARGA TRX DE ELEMENTO	CARGA ERLANG DE ELEMENTO	CARGA BCHA DE ELEMENTO
1	BSC1	1	BSC3	BSC1	TRX	97.2%	94.5%	97.2%	91.5%	92.5%
1	BSC2	2	BSC3	BSC2	TRX	96.0%	93.3%	96.0%	90.6%	86.7%
2	BSC3	3	BSC1	BSC3	T1	92.0%	88.4%	89.1%	90.6%	91.0%
2	MSC1	4	MSC2	MSC1	BHCA	87.0%	81.2%	79.3%	85.8%	87.0%
2	MSC2	5	MSC1	MSC2	T1	90.0%	67.0%	85.0%	83.4%	76.8%
3	BSC2	6	BSC1	BSC2	TRX	85.0%	61.0%	85.0%	83.4%	68.9%
3	BSC2	7	BSC3	BSC2	TRX	78.0%	72.0%	78.0%	69.0%	59.0%
3	BSC3	8	BSC1	BSC3	T1	82.0%	78.0%	79.0%	58.0%	69.0%
4	MSC2	9	BSC1	MSC2	ERLANG	72.0%	56.0%	67.0%	72.0%	66.0%
4	BSC1	10	BSC2	BSC1	SECTOR	75.0%	75.0%	70.0%	59.0%	71.0%

FIG. 4C-1

452	454	456	458	460	462	464	466	468	470	472	474
CARGA DE ELEMENTO T1	CARGA ELEMENTO PCU	NÚMERO DE SITIOS EN EL GRUPO	NÚMERO DE SECTORES EN EL GRUPO	TRX EN EL GRUPO	BHCA EN EL GRUPO	ERLANG EN EL GRUPO	DESPUÉS DET1 EN EL GRUPO	ABIST1 EN EL GRUPO	SS7 DS0 EN EL GRUPO	CANALES PCU EN EL GRUPO	COSTOS GENERALES
84.5%	84.2%	10	55	347	24354	677	31	384	2	684	1.10
76.3%	83.0%	15	83	523	36752	1021	46	570	3	1046	1.06
82.0%	78.1%	7	39	246	17269	480	22	273	1	492	1.01
80.1%	70.9%	8	44	277	19483	541	25	310	1	554	0.97
80.0%	56.7%	14	77	485	34066	947	42	521	2	970	0.92
55.5%	70.7%	12	66	416	29225	812	37	459	2	832	0.86
73.0%	61.7%	4	22	139	9742	271	13	161	1	278	0.83
82.0%	65.7%	9	50	315	22140	615	28	347	2	630	0.79
71.0%	44.7%	12	66	416	29225	812	37	459	2	832	0.74
68.0%	64.7%	18	99	624	43837	1218	54	670	3	1248	0.70

FIG. 4C-2

DE LA FIG. 4C-1

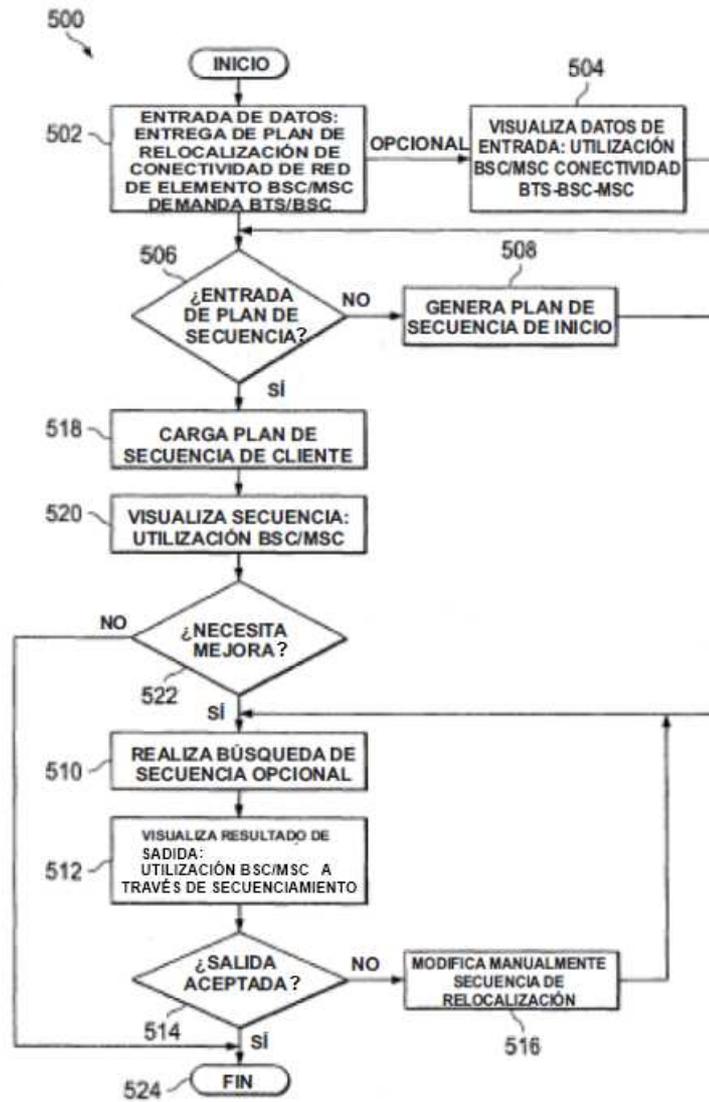


FIG. 5

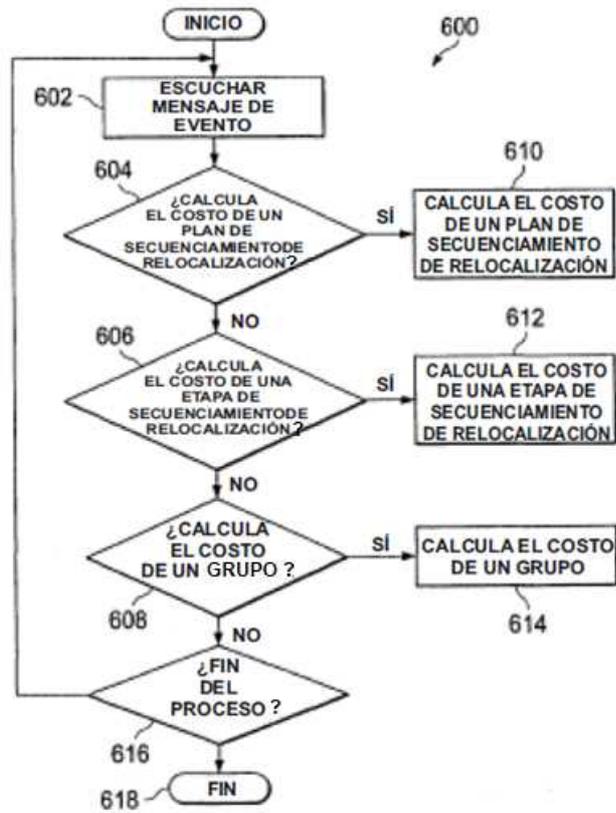


FIG. 6

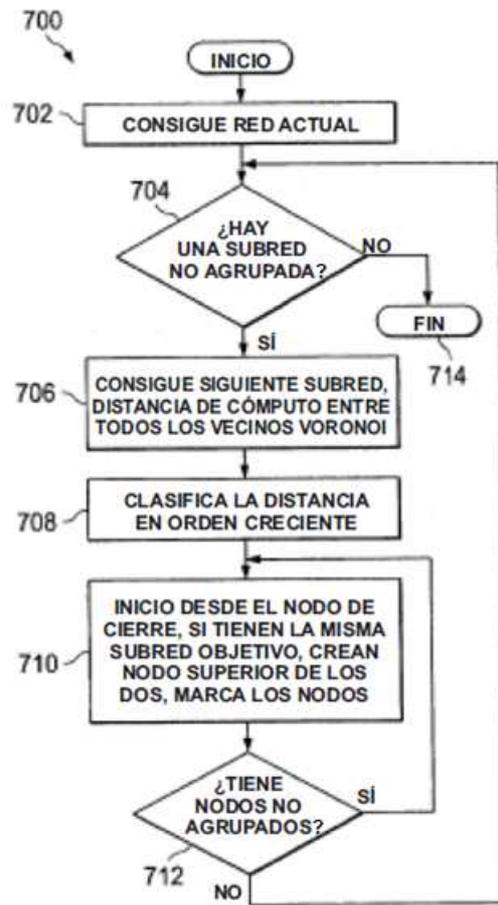


FIG. 7A

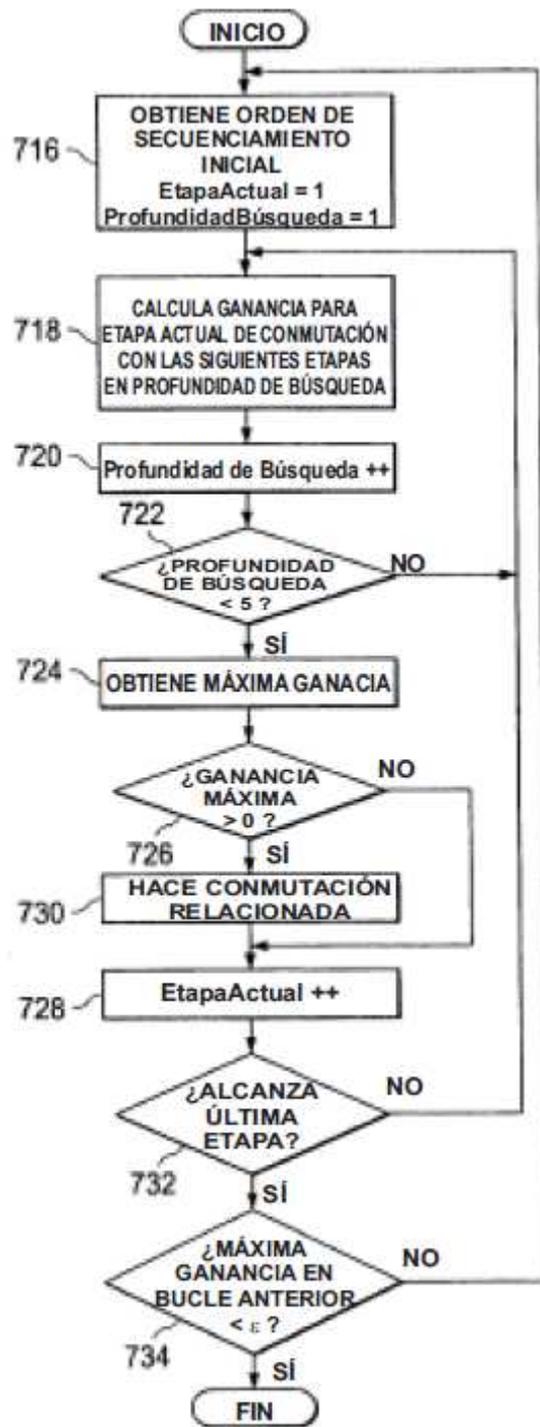


FIG. 7B

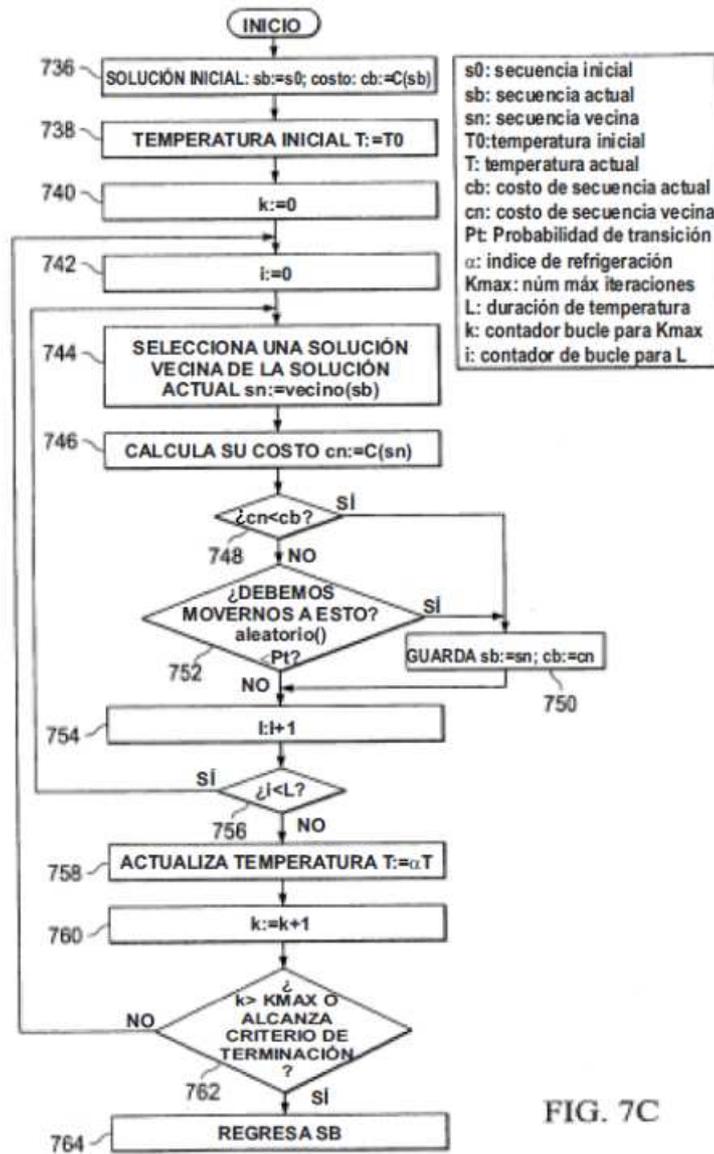


FIG. 7C