

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 597**

51 Int. Cl.:

G06F 1/32 (2006.01)
H04L 12/24 (2006.01)
H04L 12/729 (2013.01)
H04L 12/721 (2013.01)
H04L 29/08 (2006.01)
H04W 40/10 (2009.01)
H04W 52/02 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2012** **PCT/EP2012/069418**
87 Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2014** **WO14053166**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2012** **E 12770110 (0)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017** **EP 2904847**

54 Título: **Control de los modos de consumo energético de aparato de comunicaciones**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2017

73 Titular/es:
TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON
(PUBL) (100.0%)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:
GROSSO, RENATO;
MARCHIONINI, LORENZO y
RISSOTTO, STEFANO

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 637 597 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

Control de los modos de consumo energético de aparato de comunicaciones

Campo

- 5 La presente invención se refiere a sistemas de gestión de red para una red de comunicaciones, a controladores esclavos del modo de energía para su uso en sistemas de gestión de red, a controladores para controlar los modos de consumo energético, a los procedimientos correspondientes de gestión de redes de comunicaciones, a los procedimientos correspondientes de control de los modos de consumo energético, y a los programas informáticos correspondientes.

Antecedentes de la invención

- 10 Como se explica en el documento IETF "draft-ietf-eman- framework-05", la gestión de red se divide actualmente en las cinco áreas principales definidas en el modelo de gestión de redes de telecomunicaciones según ISO: gestión de fallos, de configuración, de estadísticas y contabilidad, de prestaciones y de seguridad (FCAPS) [X.700]. Este modelo de gestión deja fuera cualquier consideración sobre la gestión energética, que actualmente es cada vez más importante. La gestión energética presenta dificultades específicas, ya que una red de distribución de energía es responsable del suministro energético a varios dispositivos y componentes, mientras que para supervisar y controlar la red de distribución de energía, suele utilizarse una red de comunicaciones separada.

- 15 Este documento marco EMAN define un marco para proporcionar gestión energética a dispositivos pertenecientes o conectados a redes de comunicaciones. El marco describe cómo identificar, clasificar y proporcionar un marco a un dispositivo de una red de comunicaciones desde el punto de vista de la gestión energética. El dispositivo identificado o los componentes identificados en un dispositivo pueden, entonces, ser supervisados para la gestión energética, obteniendo mediciones de potencia, energía, demanda y calidad de energía. Se puede supervisar o controlar el estado de un "objeto de energía" proporcionando una interfaz expresada como uno o más conjuntos de "estados de consumo".

- 20 El marco IETF EMAN define también un subconjunto de la base de información de gestión (MIB) para la supervisión de la potencia y la energía de los dispositivos. Entre otros aspectos posibles de la supervisión de energía generalizada en la MIB, define también los "estados de energía" según la supervisión de energía generalizada de la MIB, define también "estados de potencia" según IEEE1621, DMTF, ACPI y EMAN. Este último intenta proporcionar una norma uniforme para modelar los diferentes niveles de consumo energético de un equipo.

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-eman-energy-monitoring-mib/>

- 30 La base de información de gestión (MIB) se puede utilizar en la gestión energética de dispositivos pertenecientes o conectados a redes de comunicaciones. Los módulos MIB pueden proporcionar un modelo para la gestión de la energía, incluyendo la supervisión del estado de energía y del consumo energético de los elementos de la red. Este MIB tiene en cuenta el marco de gestión energética [EMAN-FRAMEWORK], que, a su vez, se basa en los requerimientos para la gestión energética [EMAN-REQ].

- 35 El trabajo que conduce a aspectos de esta invención se refiere al proyecto ECONET, que ha recibido financiación del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea (FP7 / 2007-2013) en virtud del acuerdo de subvención nº 258454. La capa de abstracción ecológica desarrollada por el consorcio ECONET está destinada a ser una interfaz estándar y de propósito general para exponer y controlar las capacidades y funcionalidades ecológicas, que se pueden realizar con diferentes tipologías de equipos de red y de tecnologías de hardware, hacia operaciones de "propósito general", marcos administrativos y marcos de gestión.

Compendio de la invención

- 45 Las realizaciones de la invención proporcionan mejoras sobre procedimientos y sobre aparatos. Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de gestión de red para una red de comunicaciones, teniendo la red nodos, que comprenden aparatos de comunicaciones que pueden funcionar en diferentes modos de consumo energético, que proporcionan diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones. El sistema de gestión de red tiene un aparato de cálculo de rutas configurado para seleccionar rutas para el tráfico que utiliza el aparato de comunicaciones, basándose en información sobre la carga de tráfico en la red y en información sobre los modos de consumo energético del aparato de comunicaciones de, al menos, uno de los nodos. También hay un controlador del modo de energía acoplado al aparato de cálculo de rutas, para controlar los modos de consumo energético de, al menos, uno de los aparatos de comunicaciones, según la información sobre la carga de tráfico y según la información sobre las rutas seleccionadas.

Un efecto de esta combinación del cálculo de rutas y del control de los modos de consumo energético es que se puede reducir el consumo energético global de la red para una cantidad dada de tráfico, en comparación con

técnicas conocidas en las que los aparatos de comunicaciones controlan sus propios modos de consumo energético mediante la detección de la carga de tráfico. En particular, esta mejora puede surgir de uno cualquiera o de todos los siguientes: en primer lugar, dicha combinación permite que el control del modo de consumo energético se ajuste a los cambios en el tráfico más estricta y rápidamente, ya que puede reaccionar a los resultados de los cálculos de rutas, en lugar de esperar a detectar dichos cambios en el tráfico. En segundo lugar, puede permitir que el control del modo de consumo energético de un aparato de comunicaciones dado reaccione al tráfico de un área más amplia que, simplemente, al tráfico que se puede detectar localmente. En tercer lugar, dicha combinación permite que el cálculo de la ruta se polarice para utilizar rutas que precisan un menor consumo energético global, incluso si se precisa cambiar algunos de los modos para conseguirlo. Además, dado que el controlador del modo de energía puede tener más información de tráfico e información más rápida y oportuna, es probable que pueda identificar con mayor rapidez cuándo se pueden poner los aparatos de comunicaciones en un modo de energía inferior, sin riesgo excesivo de pérdida de tráfico debida a retardos en la reactivación posterior, cuando aumenta el tráfico. De este modo, se puede ahorrar energía. Con las referencias al tráfico que pasa, se pretende abarcar conmutación, o transmisión, o recepción, o cualquier tipo de procesamiento de tráfico. La carga de tráfico pretende comprender la carga en el aparato de comunicaciones respectivo, o la carga en un grupo de aparato de comunicaciones, o la carga global sobre la red, o cualquiera de ellas, según el contexto.

Se pueden añadir o excluir cualesquiera características adicionales de los aspectos, y algunas de tales características adicionales se exponen a continuación más detalladamente. Una característica adicional de este tipo es que el aparato de cálculo de rutas esté configurado para recibir, desde el aparato de comunicaciones, indicaciones de los diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico en función de sus respectivos modos de consumo energético, y realizar el cálculo de la ruta según dichas indicaciones. Esto puede ayudar a permitir que el aparato de cálculo de rutas optimice su funcionamiento, para conseguir un menor consumo energético total, con una disminución de los retardos y de la sobrecarga computacional implicados en la determinación de los niveles de prestaciones de la "información en bruto" convencional de los modos de consumo energético. También puede facilitar que el aparato de cálculo de rutas trabaje con muchos tipos diferentes de aparato de comunicaciones. Véase, por ejemplo, la figura 2.

Otra característica adicional es el controlador del modo de energía configurado para controlar los modos de consumo energético para, al menos, uno de los aparatos de comunicaciones, en respuesta a una petición de un aparato de comunicaciones respectivo cuando éste detecta que su carga de tráfico ha alcanzado un umbral de tráfico. Esto puede ayudar a reducir la sobrecarga de comunicaciones entre el controlador y el aparato de comunicaciones, y permitir al aparato de comunicaciones reaccionar más rápidamente, sin retardos en las comunicaciones. También puede ayudar al escalado del controlador, para trabajar con muchos aparatos de comunicaciones sin precisar recursos excesivos de procesamiento y de comunicaciones. Véase, por ejemplo, la figura 3.

Otra característica adicional es que, para las condiciones de disminución de la carga de tráfico, el sistema de gestión de red está configurado de tal manera que el aparato de cálculo de rutas realiza el cálculo de rutas, y el controlador del modo de energía está configurado para controlar posteriormente los modos de consumo energético basándose en el cálculo de rutas. Esto puede permitir una mejor optimización del consumo total de energía, ya que el modo de consumo energético se controla basándose en información más actualizada sobre la carga de tráfico. Véase, por ejemplo, la figura 4.

Otra característica adicional es que, para las condiciones de aumento de la carga de tráfico, el sistema de gestión de red está configurado de tal manera que el controlador del modo de energía controla los modos de consumo energético, y el aparato de cálculo de rutas está configurado para realizar el cálculo de rutas posteriormente, basándose en los modos de consumo energético. Esto puede permitir una mejor optimización del consumo total de energía, ya que se puede incrementar la capacidad mediante el control del modo de consumo energético y el cálculo de rutas se puede basar en información más actualizada sobre la capacidad del tráfico. Véase, por ejemplo, la figura 4.

Otro aspecto de la invención proporciona un controlador esclavo del modo de energía para una red de comunicaciones, teniendo la red nodos, al menos uno de los cuales comprende un aparato de comunicaciones que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético, que tiene diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones. El controlador esclavo del modo de energía tiene una interfaz para la comunicación con el sistema de gestión de red, y un procesador acoplado a la interfaz para recibir comandos de modo de consumo energético desde el sistema de gestión de red, y configurado para determinar los modos de consumo energético de al menos uno de los aparatos de comunicaciones basándose en la carga de tráfico y en los comandos del modo de consumo energético recibidos. El procesador está configurado también para emitir los modos de consumo energético determinados al aparato de comunicaciones respectivo, y para enviar al sistema de gestión de red, información sobre los modos de consumo energético de aquellos de los aparatos de comunicaciones. Esto ayuda a habilitar beneficios correspondientes a los del primer aspecto, independientemente de si el esclavo está distribuido o centralizado o parcialmente distribuido y parcialmente centralizado. Un ejemplo

de una versión centralizada es tener el controlador esclavo del modo de energía integrado en el NMS. Esto puede ser menos eficiente en términos de mayor retardo, etc, pero la reducción de costes puede justificarlo, en redes más pequeñas. Véanse, por ejemplo, las figuras 5 y 6.

Otra característica adicional es que la interfaz está configurada para enviar al sistema de gestión de red, indicaciones de los diferentes niveles de prestaciones del tráfico que pasa a los respectivos modos de consumo energético de un aparato de comunicaciones respectivo. Esto puede ayudar a facilitar que el sistema de gestión de red optimice su funcionamiento para un menor consumo energético total, con una disminución de los retardos y de la sobrecarga computacional implicados en la determinación de los niveles de prestaciones de la información en bruto convencional de los modos de consumo energético. También puede facilitar que la red tolere muchos tipos diferentes de aparatos de comunicaciones. Véase, por ejemplo, la figura 7.

Otra característica adicional es que el procesador está configurado para detectar cuándo la carga de tráfico para uno de los aparatos de comunicaciones alcanza un umbral de tráfico, y para enviar una petición al sistema de gestión de red de un comando de modificación del modo de consumo energético. Esto puede ayudar a reducir la sobrecarga de comunicaciones entre el controlador esclavo del modo de energía y el sistema de gestión de red, para permitir que el controlador esclavo del modo de energía reaccione más rápidamente, sin retardos en las comunicaciones. También puede ayudar al escalado del controlador, para que trabaje con muchos aparatos de comunicaciones, sin demasiados recursos de procesamiento y de comunicaciones. Véase, por ejemplo, la figura 8.

Otra característica adicional es que el controlador esclavo del modo de energía está configurado para activar el umbral de tráfico según el modo de consumo actual. Esto ayuda a permitir reducir la sobrecarga de comunicaciones entre el controlador esclavo del modo de consumo y el sistema de gestión de red, lo que puede reducir costes o mejorar la escalabilidad, por ejemplo. Véase, por ejemplo, la figura 8.

Otra característica adicional es que el umbral de tráfico comprende, al menos, un umbral inferior de tráfico y/o un umbral superior de tráfico, y el procesador está configurado para enviar una petición de un modo de consumo energético menor cuando la carga de tráfico alcanza ese umbral de tráfico inferior, o de un modo de consumo mayor cuando la carga de tráfico alcanza ese umbral de tráfico superior. Esto puede ayudar a reducir más rápidamente el modo de consumo energético, y por lo tanto ahorrar energía. Véase, por ejemplo, la figura 10.

Otro aspecto de la invención proporciona un controlador para una red de comunicaciones, teniendo la red nodos, y comprendiendo al menos uno de los nodos un aparato de comunicaciones que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético, que tienen diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones. El controlador tiene un procesador configurado para determinar modos de consumo energético para, al menos, uno de los aparatos de comunicaciones, basándose en la carga de tráfico, y para enviar los modos de consumo energético determinados al aparato de comunicaciones respectivo. Se proporciona una interfaz al sistema de gestión de red, estando configurado el procesador para utilizar la interfaz para enviar información sobre los modos de consumo energético de los respectivos aparatos entre los aparatos comunicaciones, comprendiendo esta información indicaciones de los diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico según los respectivos modos de consumo energético. Esto puede proporcionar los beneficios correspondientes, tal como se ha indicado anteriormente. Véanse las figuras 11 y 12.

Otra característica adicional es que la interfaz está configurada para enviar una actualización de información de tráfico al sistema de gestión de red cuando la carga de tráfico alcanza un umbral de tráfico. Esto puede ayudar a permitir reducir la sobrecarga de comunicaciones entre el controlador esclavo de energía y el sistema de gestión de red, lo que puede reducir costes o mejorar la escalabilidad, por ejemplo. Véase la figura 8.

Otra característica adicional es que al menos uno de los modos de consumo energético comprende una definición de reinicio selectivo de una parte de los circuitos de un aparato de comunicaciones respectivo, que se realizará cuando se cambia el modo de consumo energético. Esto puede ayudar a reducir los retardos al despertar de los modos de baja energía, y puede reducir el impacto en los circuitos adyacentes, por ejemplo. Esto se puede combinar con la configuración convencional de velocidades de reloj y voltajes de suministro, por ejemplo. Véase, por ejemplo, la figura 19.

Otro aspecto de la invención proporciona un procedimiento correspondiente de gestión de una red de comunicaciones que tiene etapas de selección de rutas para el tráfico que utilizan los aparatos de comunicaciones, basándose en información sobre el tráfico en la red y en información sobre los modos de consumo energético de los aparatos de comunicaciones, y de control de los modos de consumo energético de al menos uno de los aparatos de comunicaciones, según la información sobre el tráfico y la información sobre las rutas seleccionadas para el tráfico. Esto puede proporcionar los beneficios correspondientes como se ha indicado anteriormente.

Otro aspecto de la invención proporciona un procedimiento correspondiente para controlar los modos de consumo energético en una red de comunicaciones que tiene las etapas de recepción de comandos del modo de consumo energético desde el sistema de gestión de red, determinar los modos de consumo energético para, al menos, uno de

los aparatos de comunicaciones, basándose en la carga de tráfico y en los comandos recibidos del modo de consumo energético, y emitir los modos de consumo energético determinados al aparato de comunicaciones respectivo. También hay una etapa de envío al sistema de gestión de red, de la información sobre los modos de consumo energético de los aparatos involucrados entre todos los aparatos de comunicaciones. Esto puede proporcionar los beneficios correspondientes, tal como se ha indicado anteriormente.

Otro aspecto de la invención proporciona un procedimiento correspondiente para controlar los modos de consumo energético en una red de comunicaciones que tiene las etapas de determinación de los modos de consumo energético de, al menos, uno de los aparatos de comunicaciones basándose en la carga de tráfico, envío de los modos de consumo energético determinados al aparato de comunicaciones respectivo y envío al sistema de gestión de red de información sobre los modos de consumo energético de los respectivos aparatos de comunicaciones. La información enviada al sistema de gestión de red comprende indicaciones de los diferentes niveles de prestaciones del tráfico que pasa para sus respectivos modos de consumo energético. Esto puede proporcionar los beneficios correspondientes, tal como se ha indicado anteriormente.

Otro aspecto de la invención proporciona un programa informático en un medio legible por ordenador y que consta de instrucciones que, al ejecutarse en un ordenador, hacen que el ordenador realice cualquiera de los procedimientos anteriores.

Cualquiera de las características adicionales se pueden combinar juntas y con cualquiera de los aspectos. Otros efectos y consecuencias serán evidentes para los expertos en la técnica, especialmente comparados con los de la técnica anterior. Se pueden realizar numerosas variaciones y modificaciones sin apartarse de las reivindicaciones de la presente invención. Por lo tanto, debe entenderse claramente que la forma de la presente invención es sólo ilustrativa, y no pretende limitar el alcance de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá, a modo de ejemplo, la forma en que se puede poner en práctica la presente invención con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

- la figura 1 muestra una vista esquemática de un NMS (sistema de gestión de red) según una realización de la presente invención que tiene control de PM y del cálculo de rutas,
- la figura 2 muestra una vista esquemática de una realización que hace uso de la información de las prestaciones,
- la figura 3 muestra un gráfico de tiempo que muestra etapas que utilizan peticiones basadas en umbrales, según una realización de la invención,
- La figura 4 muestra un gráfico de tiempo para otra realización de la invención que muestra diferente ordenación diferente de las etapas, para casos de tráfico creciente o decreciente,
- la figura 5 muestra una vista esquemática de una red según una realización, para mostrar un ejemplo de un controlador esclavo del modo de energía,
- la figura 6 muestra un gráfico de tiempo que muestra etapas para una realización que corresponde a la de la figura 5,
- la figura 7 muestra otro gráfico de tiempo que muestra la característica adicional de obtener información del nivel de prestaciones para enviarla al NMS según una realización,
- La Figura 8 muestra otro gráfico de tiempo que muestra el control del modo de consumo energético basándose en las peticiones del controlador esclavo del modo de energía basándose en umbrales de carga de tráfico,
- la figura 9 muestra una vista esquemática de una red según una realización, que muestra varios ejemplos de ubicaciones del controlador esclavo del modo de consumo,
- la figura 10 muestra un diagrama de tiempo de cómo los umbrales de carga de tráfico pueden variar a lo largo del tiempo según realizaciones,
- la figura 11 muestra una vista esquemática de una red según otra realización, dispuesta para enviar niveles de prestaciones al NMS,
- la figura 12 muestra un gráfico de tiempo que muestra las etapas para una realización que corresponden a las de la figura 11,

- la figura 13 muestra ejemplos de aparatos de comunicaciones en forma de equipos que tienen tarjetas con circuitos que pueden tener diferentes modos de consumo energético,
 - las figuras 14 y 15 muestran diagramas funcionales con secuencias temporales de eventos según realizaciones, que indican el flujo de información entre el NMS y los aparatos de comunicaciones,
- 5
- las figuras 16 a 18 muestran una parte de una red con flujo de tráfico en momentos diferentes, mostrando la coordinación del encaminamiento para proporcionar control de los modos de consumo energético, y
 - las figuras 19 a 21 muestran ejemplos de aparatos de comunicaciones con divisiones para proporcionar reinicios selectivos, control selectivo de reloj y control selectivo del suministro energético respectivamente, para permitir el funcionamiento en diferentes modos de consumo energético.

10 Descripción detallada de la invención

La presente invención se describirá con respecto a realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos, pero la invención no se limita a ellos, sino únicamente a las reivindicaciones. Los dibujos descritos son sólo esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede ser exagerado y no dibujado a escala, con fines ilustrativos.

15 Abreviaturas

ACPI	Especificación de interfaz avanzada de configuración y energía
DMTF	Grupo de trabajo para gestión distribuida
BPM	Control de gestión energética
NMS-EA	Sistema de gestión de red con Conciencia Energética
20 EMAN	Gestión energética
EPIC	Circuitos integrados Electro-Ópticos
Eth	Ethernet
GHG	Emisión de gases de efecto invernadero
IP	Protocolo de Internet
25 MIB	Base de gestión de información
NMS	Sistema de gestión de red
OPEX	Gastos operacionales
OTN	Red de transporte óptica
PLL	Bucle de enganche de fase
30 PM	Modo de Energía
PMM	Modo de Gestión de Energía
PoE	Alimentación a través de Ethernet
QoS	Calidad de servicio
SDH	Jerarquía digital síncrona
35 WDM	Multiplexación por división de longitud de onda

Definiciones

Cuando se usa el término "que comprende" en la presente descripción y en las reivindicaciones, no excluye otros elementos o etapas y no debe interpretarse como restringido a los medios enumerados. Cuando se utiliza un artículo definido o indefinido al hacer referencia a un nombre singular, por ejemplo "un", "una", "el", "la" incluye el plural del sustantivo al que acompaña, a menos que específicamente se indique lo contrario.

40

Los elementos o partes de los nodos o redes que se describen pueden comprender lógica codificada en distintos medios, para realizar cualquier tipo de procesamiento de información. La lógica puede comprender software codificado en un disco u otro medio legible por ordenador y/o instrucciones codificadas en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de puertas lógicas programable (FPGA), u otro procesador o hardware.

- 5 Las referencias a nodos pueden abarcar cualquier tipo de nodo, no limitado a los tipos descritos, ni limitado a cierto nivel de integración, tamaño, ancho de banda o tasa de bits y similares. Pueden incluir nodos de conmutación o puntos finales y se pueden incorporar en equipos que tienen otras funciones, tales como artículos domésticos, dispositivos multimedia, vehículos o equipamiento fabril, por ejemplo.

- 10 Las referencias a enlaces pretenden abarcar cualquier tipo de enlaces, no limitados a cableados o inalámbricos, sin limitarse a aquellos de un protocolo, una frecuencia de operación, una tecnología o un tipo de multiplexación particulares.

- 15 Las referencias a aparato de comunicaciones pueden incluir cualquier tipo de dicho aparato, por ejemplo, pero sin limitarse a: enrutadores, conmutadores, puntos finales tales como puntos finales de alimentación sobre Ethernet (PoE), pasarelas de protocolo para construir sistemas de gestión, medidores inteligentes, pasarelas de energía doméstica, anfitriones y servidores, "proxies" para sensores, etc.

Las referencias a software pueden abarcar cualquier tipo de programas en cualquier lenguaje, ejecutable directa o indirectamente en hardware de procesamiento.

- 20 Las referencias a procesadores, hardware, hardware de procesamiento o circuitos pueden abarcar cualquier tipo de circuito lógico o analógico, integrado a cualquier grado, y no limitado a procesadores de propósito general, procesadores de señales digitales, ASIC, FPGA, componentes discretos o lógicos y similares. Las referencias a un procesador están destinadas a abarcar implementaciones que utilizan múltiples procesadores, que se pueden integrar juntos, o ubicados conjuntamente en el mismo nodo, o distribuidos en diferentes ubicaciones, por ejemplo.

Introducción

- 25 A modo de introducción a las realizaciones, se explicará cómo abordan algunas cuestiones con diseños convencionales. Aunque la carga de tráfico varía con el tiempo, los equipos de telecomunicaciones existentes proporcionan siempre las prestaciones máximas y, por lo tanto, precisan un consumo máximo, incluso cuando hay poca carga de tráfico. Hasta ahora, los equipos de telecomunicaciones se han diseñado para que funcionen siempre a plena potencia, incluso cuando varía la carga de tráfico.

Introducción a las características de las realizaciones

- 30 La técnica de disminución del consumo energético propuesta en la presente memoria se basa en mejoras en hardware, en firmware y en software. Algunos puntos notables que se describirán con más detalle son:

- proporcionar un aparato de telecomunicaciones que tiene modos de consumo energético que le permiten cambiar su consumo energético bajo los modos de energía definidos controlados externamente;
- definir los modos de energía como un conjunto de funcionalidad activada / desactivada en el aparato;
- 35 - definir un plano de control de información con Conciencia Energética, capaz de modificar el consumo energético del aparato estableciendo su modo de energía en función de la carga de tráfico; y
- proporcionar encaminamiento de tráfico que tenga conciencia del consumo energético y que pueda minimizar el consumo total de energía a nivel de red.

- 40 Los Modos de Energía (también conocidos como modos de consumo energético o modos de gestión de energía) tales como baja potencia, reposo rápido, en espera, etc. se incorporan al diseño básico, y la adaptación de las prestaciones (y por lo tanto, del consumo energético) se puede realizar según el nivel real de carga de tráfico. Por medio de los procedimientos descritos en la presente memoria, puede haber un funcionamiento de las telecomunicaciones más eficiente energéticamente, mediante las prestaciones dinámicas y la adaptación del consumo a cualquier situación de carga de tráfico arbitraria, por ejemplo en función de la hora del día, de un servicio de área específica (por ejemplo, zonas residenciales vacacionales, áreas de negocios), y similares.

- 45 Las realizaciones están relacionadas con los procedimientos de ahorro de energía que proporcionan una capacidad efectiva para reducir las prestaciones de los aparatos de comunicaciones poco utilizados para disminuir la energía consumida, mediante la introducción de nuevas funcionalidades de gestión energética, que pueden incluir múltiples modos de baja potencia, estados inactivos y estados lógicos de espera, para adaptar dinámicamente las prestaciones, y por lo tanto, el consumo energético a la carga real de tráfico.

Para ello, se explican técnicas, mecanismos y criterios de control adecuados para diversos tipos de aparatos de comunicaciones, en forma de cualquier elemento de red de telecomunicaciones (transporte, acceso, inalámbricos, encaminadores, etc.), que permiten el ahorro energético mediante la adaptación dinámica de las capacidades y los recursos de la red a las cargas de tráfico actuales y a los requerimientos de los usuarios, a la vez que garantizan la calidad de servicio de extremo a extremo.

Modos de consumo energético

Típicamente, algunos de los factores más importantes en la determinación del consumo energético en cualquier diseño son la velocidad de reloj del sistema y la tensión de suministro del sistema. La potencia de conmutación disipada por un dispositivo, es decir, la expresión de consumo energético dinámico es:

$$P = C \cdot V^2 \cdot f$$

La disipación de potencia dinámica es proporcional al cuadrado de la tensión de funcionamiento y linealmente proporcional a la frecuencia de funcionamiento y a la capacitancia de carga. Por lo tanto, al disminuir la frecuencia de reloj, la disipación de potencia dinámica disminuye linealmente y, al reducir la tensión de alimentación, se puede obtener una disminución exponencial.

Nota: el Consumo de Potencia total de un dispositivo dado se expresa por $P = C \cdot V^2 \cdot f + V \cdot I_{\text{estática}}$, donde $I_{\text{estática}}$ es la corriente estática (por ejemplo, corriente de fuga). La reducción de la corriente estática es una mera etapa tecnológica que se puede conseguir, por ejemplo, mediante la reducción de secciones (por ejemplo de 45 nm a 28 nm, etc.) o, cuando sea aplicable, por otras mejoras tecnológicas tales como la introducción de Circuitos Integrados Electro-Ópticos (EPIC). Nota: un menor consumo de potencia significa menor emisión de calor, permitiendo la ralentización o el apagado de los ventiladores de enfriamiento, reduciendo los niveles de ruido y disminuyendo aún más el consumo total de potencia del sistema.

Los Modos de Energía se pueden aplicar mediante la medición de la carga de tráfico real, recuperando entonces la información para ralentizar los recursos o incluso desactivar los recursos innecesarios cuando sea posible, bajo el control de una Capa de Control de Conciencia Energética.

Se pueden considerar múltiples niveles de Modos de Energía, tales como Potencia Total/Prestaciones Totales, Potencia Media / Prestaciones Medias, Potencia Baja / Prestaciones Reducidas, Reposo rápido, Reposo profundo, en Espera, Apagado, cada uno caracterizado por un ahorro de potencia adicional, pero también por la reducción de prestaciones y el aumento del tiempo que tarda en despertar.

Ejemplos de Modos de Consumo energético

La definición, los términos y el nivel de detalle de los Modos de Consumo energético pueden depender del tipo de producto. Cualquiera de los modos descritos a continuación se puede aplicar a un Sistema, Tarjeta, así como a nivel de una parte única de un circuito (por ejemplo, una interfaz dada, un motor, etc.), y algunos de ellos se pueden ampliar: por ejemplo, son posibles múltiples modos de Baja Potencia, en función de los circuitos utilizados. El número y los tipos de modos pueden depender de la carga de tráfico, del ahorro potencial de energía y de la rapidez para despertar. Se pueden identificar dos categorías principales: modos operativos y modos de reposo.

Modos operativos

Los modos operativos (o Activos) son estados en los que el dispositivo realiza total o parcialmente sus funciones previstas. La Gestión de Energía de Modos Activos se puede clasificar, al menos, en tres grupos:

- Activo-Máximo: Estado operativo con todas las opciones aplicadas (por ejemplo, velocidad de reloj máxima, tensiones de alimentación máximas, todas las funciones auxiliares activas, como por ejemplo, sincronización externa, etc.).

- Activo-Normal: Estado operativo con una configuración tal que se logra la carga de tráfico máxima, pero alguna función auxiliar, por ejemplo la sincronización externa, está desactivada.

- Activo-Baja Potencia: Estado operativo con funcionalidad de carga de tráfico reducida (por ejemplo, tensión de alimentación reducida, reloj reducido, bancos de memoria reducidos, etc.). Es posible establecer diferentes modos de Activo-Baja Potencia, por ejemplo: 9 Gbps, 8 Gbps...1 Gbps, etc.

Modos de reposo

Los modos de reposo son estados en los que el equipo, la tarjeta o una parte del circuito no están operativos, es decir, no pueden realizar total o parcialmente sus funciones previstas. Está preparado para reanudar un modo operativo, después de un tiempo "de despertar" dado, mediante el uso de control remoto u otra señal (por ejemplo,

si un receptor local o una cola detectan tráfico) según el modo de reposo y la implementación. Según el ahorro de energía y la rapidez al despertar, los modos de reposo pueden ser:

- Reposo rápido: no puede circular tráfico, pero la mayoría de los circuitos están activos, tal como receptores que vigilan el tráfico mientras los transmisores están apagados, y/o se aplican reinicios Software / Hardware de forma total o parcial a los circuitos. Este modo está inmediatamente por debajo del más bajo de los modos de consumo Activo-de Baja Potencia.

- Reposo profundo: la mayoría de los circuitos están inactivos, tal como tanto los receptores como los transmisores están apagados, y/o el reinicio de Hardware / Software se aplica a los circuitos de forma parcial / completa. Además, se puede aplicar una tensión de alimentación V_{dd} reducida o nula a algunas partes de los circuitos.

- En espera (o "Soft-Off", "Desactivado Incompleto"): las partes principales de los equipos están apagadas, mediante control remoto o mediante comandos, pero todavía permanece activo un circuito mínimo (es decir, una especie de latido, en el que, por ejemplo, sólo un microprocesador está en ejecución).

- Modo Apagado (o "Hard-Off", "Desactivado Completo"): El modo Apagado tiene un consumo energético casi nulo cuando el dispositivo está conectado a una fuente de alimentación. El modo Apagado puede aplicar tensiones V_{dd} nulas a toda la tarjeta mediante control remoto, pero puede precisar un consumo residual muy pequeño para alimentar los interruptores electrónicos.

NMS con Conciencia Energética

Este procedimiento hace uso de una entidad de gestión con conciencia energética que puede minimizar la P_{activa} y maximizar la adopción de modos de Baja Potencia sin poner en peligro las prestaciones de la red y la calidad de servicio (QoS), mediante una política de gestión inteligente, que controla la entrada y salida de los estados de los modos con el gestor de los estados de PMM.

La política de gestión con conciencia energética implementará protocolos de encaminamiento con conciencia energética para maximizar las oportunidades de ahorro, utilizando al máximo, en la medida de lo posible, ciertos recursos de comunicaciones para poner en Modos de Baja Potencia o de Reposo tantos recursos restantes como sea posible.

A nivel de nodo o de red, el NMS con conciencia energética puede calcular el encaminamiento óptimo del tráfico y el modo de gestión energética para cada dispositivo bajo control.

Para un funcionamiento óptimo de una red con conciencia de energía, el sistema de gestión de red con conciencia de energía puede tomar el control sobre el tráfico encaminándolo desde una perspectiva de conciencia energética, identificando cualquier trayecto alternativo y controlando la entrada y salida de los diversos modos de consumo de potencia de los equipos con conciencia energética bajo control. Para ello, el NMS con EA debe conocer la topología de la red y la carga de tráfico real, así como, por ejemplo, el flujo de datos, el tiempo de transición, la latencia y el consumo energético de cada estado de gestión de consumo de cada uno de los equipos con EA bajo control, para maximizar el ahorro energético sin afectar a la calidad de servicio (QoS). Por ejemplo, sabiendo cuánto tiempo se tarda en activar y desactivar ciertos modos de reposo, se controlará que el encaminamiento de tráfico se pueda realizar en el momento adecuado sin poner en peligro la calidad de servicio (QoS).

Figura 1: realización con control de PM y con cálculo de rutas

La figura 1 muestra una vista esquemática de una red según una realización. Un NMS tiene, entre otros, un controlador del modo de energía y un aparato de cálculo de rutas. Estos se pueden implementar como funciones de software que se ejecutan, por ejemplo, en un servidor o en cualquier tipo de procesador. La red tiene nodos que tienen un aparato de comunicaciones para manejar el tráfico de comunicaciones de la red. El aparato de comunicaciones puede ser, por ejemplo, sistemas, o tarjetas, o circuitos que pueden ser capaces de ser operados en diferentes modos de consumo energético que proporcionan diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones. Los modos de consumo energético pueden ser estados de energía según IEEE1621, DMTF, ACPI, EMAN o cualquier otro tipo de modo de consumo energético. Los nodos pueden estar dedicados a la red, o se pueden incorporar en equipos que tienen otras funciones, tales como artículos para el hogar, vehículos o equipos fabriles, por ejemplo.

El controlador del modo de energía está acoplado para recibir información de la selección de ruta desde el aparato de cálculo de rutas, y para recibir información de tráfico, tal como cargas de tráfico, desde los nodos de la red. El controlador del modo de ruta está dispuesto para emitir señales de control al aparato de comunicaciones para controlar su modo de consumo energético. Este control se puede realizar basándose en la información de la carga de tráfico y en la información de las rutas seleccionadas. El aparato de selección de rutas está acoplado para recibir información de la carga de tráfico desde el aparato de comunicaciones y para recibir información de los modos de

consumo de energía del equipo de comunicaciones, desde el controlador del modo de energía. Las selecciones de rutas para nuevas demandas de tráfico se pueden realizar con el aparato de cálculo de rutas, basándose en la información de la carga de tráfico y en la información de los modos de consumo energético del aparato de comunicaciones. La selección de ruta puede utilizar cualquier tipo de algoritmo de selección de rutas, adaptado para hacer uso de la información del modo de consumo energético, y a continuación se describe un ejemplo con más detalle. Como se ha explicado anteriormente, al combinar el cálculo de rutas y el control de los modos de consumo de energía, el consumo total de energía de la red se puede reducir para una cantidad dada de tráfico, en comparación con técnicas conocidas en las que el aparato de comunicaciones controla su propio modo de consumo energético detectando su propia carga de tráfico.

La figura 2 muestra una realización similar a la de la figura 1, pero en este caso el aparato de cálculo de rutas recibe, además, información sobre diferentes niveles de prestaciones al tráfico que pasa, para los diferentes modos de consumo energético de cualquiera de los aparatos de comunicaciones. Esta información de prestaciones podría, en algunos casos, ser derivada por el aparato de cálculo de rutas, a partir de la información en bruto del modo de consumo energético, pero a algún costo en la sobrecarga computacional y en el retardo. Además, al proporcionar al aparato de cálculo de rutas dicha información de las prestaciones, el cálculo de rutas puede ser más independiente de los tipos de aparatos de comunicaciones en uso, y esto puede facilitar la gestión de redes más grandes con muchos tipos y versiones diferentes de aparatos de comunicaciones.

Figura 3: peticiones basadas en umbrales para el cambio del PM

La Figura 3 muestra un gráfico de tiempo de algunas etapas adicionales en el funcionamiento de una red según una realización, tal como la realización de las figuras 1 ó 2 u otras realizaciones. Esto sirve para ilustrar la característica adicional de cambiar el modo de consumo energético basándose en las peticiones procedentes del aparato de comunicaciones cuando detecta que su carga de tráfico ha alcanzado un umbral. En la figura 3, la columna izquierda muestra acciones de un aparato de comunicaciones, y la columna derecha muestra acciones del controlador 10 del modo de energía. El tiempo transcurre hacia abajo.

El controlador del modo de energía establece un modo de energía inicial en la etapa 100. En la etapa 110, el aparato de comunicaciones establece un umbral de carga de tráfico. En la etapa 120, la carga de tráfico se detecta en el aparato de comunicaciones, y se compara con el umbral en la etapa 130. Si ha alcanzado el umbral, entonces en la etapa 140 se envía una petición al controlador del modo de energía para cambiar el modo de consumo energético. En la etapa 150, el controlador del modo de energía responde cambiando el modo de consumo energético. En principio, el umbral puede ser un límite superior o un límite inferior, en algunos casos habrá dos umbrales para proporcionar unos límites superior e inferior. Puede haber diferentes umbrales para cada uno de los diferentes modos de consumo energético.

Mediante la detección en el aparato de comunicaciones de que la carga de tráfico ha alcanzado un umbral de tráfico, se puede liberar al controlador del modo de energía del sondeo regular, y así ayudar a reducir la sobrecarga de comunicaciones entre el controlador y el aparato de comunicaciones, y reducir la sobrecarga computacional en el controlador. Puede permitir que el aparato de comunicaciones reaccione más rápidamente sin la latencia y los retardos de las comunicaciones implicados en el sondeo. También puede ayudar a que el controlador se pueda escalar, para trabajar con muchos aparatos de comunicaciones sin demasiados recursos de procesamiento y de comunicaciones.

Figura 4: ordenación del cálculo de rutas y del control del PM

La figura 4 muestra un gráfico de tiempo para otra realización, para mostrar un ejemplo de la característica adicional de decidir el orden en el que se llevan a cabo las etapas de cálculo de rutas y de control del modo de consumo energético, dependiendo de si la carga de tráfico aumenta o disminuye. Esto se puede añadir a la realización de las figuras 1 ó 2 o a cualquier otra realización. En la figura 4, la columna izquierda muestra acciones de un aparato de comunicaciones, la columna central muestra acciones del controlador del modo de consumo 10, y la columna derecha muestra acciones del aparato de cálculo de rutas. El tiempo transcurre hacia abajo.

En la etapa 200, la creciente carga total de tráfico se detecta por el aparato de cálculo de rutas como suficiente para precisar capacidad adicional. Esta información se pasa al controlador del modo de energía, que cambia los modos de consumo energético del aparato de comunicaciones seleccionado para aumentar las prestaciones, y así proporcionar mayor capacidad. En la etapa 220, estos cambios se implementan en el aparato de comunicaciones respectivo. A continuación, el aparato de cálculo de rutas calcula nuevas rutas para las nuevas demandas de tráfico, utilizando la capacidad incrementada en la etapa 230. Estas nuevas rutas se establecen en la etapa 240 usando el aparato de comunicaciones. Algún tiempo después, hay una detección en la etapa 250 de una disminución de la carga total de tráfico, suficiente para que haya margen para ahorrar consumo energético cambiando los modos de consumo energético. Ahora hay un orden diferente de etapas. En la etapa 260, el cálculo de rutas se realiza primero, para ver si el tráfico se puede redirigir para permitir que algunas partes sean reducidas de potencia. A continuación, en la etapa 270, el control del modo de consumo energético se realiza basándose en el tráfico redirigido, de modo

que se puede reducir la potencia de un cierto número de aparatos de comunicaciones a un modo de energía inferior. Estos cambios del modo de energía se implementan en la etapa 280, en el aparato para reducir el consumo energético total. En algunos casos, el tráfico se puede concentrar para utilizar menos aparatos de comunicaciones, lo que puede implicar aumentar la potencia consumida por algunos aparatos, lo que sigue siendo útil si permite una reducción global del consumo energético por parte de la red. Esto se consigue mediante el trabajo conjunto del controlador del modo de consumo energético y del aparato de cálculo de rutas expuesto anteriormente.

Figs. 5-9: ejemplos de controlador esclavo del modo de energía

La figura 5 muestra una vista esquemática de una red según una realización, para mostrar un ejemplo de un controlador esclavo del modo de energía. El controlador esclavo del modo de energía se muestra acoplado entre el NMS 30 y el aparato de comunicaciones 60. Tiene una interfaz 320 para la comunicación con el NMS 30 y un procesador 310 acoplado a la interfaz para recibir comandos del modo de consumo energético del NMS, y configurado para determinar modos de consumo energético para, al menos, uno de los aparatos de comunicaciones basándose en la carga de tráfico y en los comandos de modo de consumo energético recibidos. El controlador esclavo de energía también está dispuesto para emitir los modos de consumo energético determinados al aparato de comunicaciones respectivo. La información sobre los modos de consumo energético de los respectivos aparatos de comunicaciones se envía al NMS. Como se ha explicado anteriormente, al combinar el control de los modos de consumo energético con las operaciones del NMS, se puede reducir el consumo total de energía de la red para una cantidad dada de tráfico, en comparación con las técnicas conocidas en las que el aparato de comunicaciones controla su propio modo de consumo energético, detectando su propia carga de tráfico. El NMS tiene una visión más amplia de la carga de tráfico en la red y de los modos de consumo energético de los aparatos de comunicaciones a través de la red, y, por lo tanto, puede ayudar a reducir el consumo total de energía.

La figura 6 muestra un gráfico de tiempo para una realización correspondiente a la figura 5 que muestra el funcionamiento de un controlador esclavo del modo de energía. La columna izquierda muestra las operaciones del aparato de comunicaciones, la columna central muestra las operaciones del controlador esclavo del modo de energía y la columna derecha muestra las acciones del NMS. El tiempo transcurre hacia abajo. En la etapa 400, el NMS establece los modos de consumo energético y envía órdenes al controlador esclavo del modo de consumo. En la etapa 410, el controlador esclavo del modo de consumo detecta las cargas de tráfico, y determina los modos de consumo energético basándose en los comandos y en las cargas de tráfico. El controlador esclavo del modo de energía puede controlar uno o muchos aparatos de comunicaciones; si controla muchos, la carga de tráfico se puede determinar para aparatos individuales o para un grupo de aparatos. La carga de tráfico se puede determinar en el aparato y desde él enviarla al controlador esclavo del modo de consumo. El modo de consumo energético establecido se implementa en el aparato de comunicaciones en la etapa 430. El controlador esclavo del modo de energía puede entonces actualizar el NMS enviando la información sobre el modo de consumo energético al NMS, en la etapa 440. El NMS puede utilizar esta información, ya sea como entrada para ayudar a decidir sobre los modos de consumo energético de otros aparatos de comunicaciones, o como entrada para otras funciones de NMS, tales como cálculo de rutas, por ejemplo, o para cualquier otro uso.

La Figura 7 muestra otro gráfico de tiempo que muestra la característica adicional de obtener información del nivel de prestaciones para enviarla al NMS. La columna izquierda muestra las operaciones del aparato de comunicaciones, la columna central muestra las operaciones del controlador esclavo del modo de energía, y la columna derecha muestra las acciones del NMS. El tiempo transcurre hacia abajo. Las etapas 400 a 430 son similares a las mostradas en la figura 6. Antes de que el controlador esclavo del modo de energía actualice el NMS enviando la información sobre el modo de consumo energético al NMS, en la etapa 450, el controlador esclavo del modo de energía obtiene información del nivel de prestaciones para el modo de consumo energético real. Esto se puede enviar como parte de la información sobre el modo de consumo energético al NMS en la etapa 440. Esto puede ayudar a habilitar el NMS para que optimice su funcionamiento para un menor consumo total de energía, con retardos y sobrecarga computacional menores que los habituales implicados en la determinación de los niveles de prestaciones, a partir de la información en bruto convencional sobre los modos de consumo energético. También puede facilitar que la red soporte muchos tipos diferentes de aparatos de comunicaciones. De este modo, se puede aumentar la independencia del NMS respecto a los tipos de aparatos de comunicaciones en uso, lo cual puede facilitar la gestión de redes más grandes, con muchos tipos y versiones diferentes de aparatos de comunicaciones.

La figura 8 muestra otro gráfico de tiempo que muestra la característica adicional de controlar el modo de consumo energético basándose en las peticiones del controlador esclavo del modo de consumo cuando detecta que su carga de tráfico ha alcanzado un umbral. La columna izquierda muestra las operaciones del aparato de comunicaciones, la columna central muestra las operaciones del controlador esclavo del modo de consumo y la columna derecha muestra las acciones del NMS. El tiempo transcurre hacia abajo.

En la etapa 500, el controlador esclavo del modo de energía establece un umbral de tráfico, según el modo de consumo energético real, a un nivel, de modo que el controlador esclavo del modo de energía pueda establecer un cambio en el modo de consumo energético cuando la carga de tráfico alcance un cierto nivel. Como se ha discutido

anteriormente, puede haber umbrales superior e inferior. En la etapa 410, la carga de tráfico es detectada por el controlador esclavo del modo de consumo, siendo la carga de tráfico para el aparato de comunicaciones respectivo, o para un grupo de aparatos, y puede ser detectada en el aparato y enviada al controlador esclavo del modo de consumo. En la etapa 520, la carga de tráfico se compara con el umbral y, si ha alcanzado el umbral, se envía una petición para un cambio del modo de consumo energético.

En la etapa 530 se recibe la petición y se decide si se cambian rutas o se cambia el modo de consumo energético. Si se decide cambiar el modo de consumo energético, se envía un comando para establecer dicho cambio al controlador esclavo del modo de energía en la etapa 540. El nuevo modo de consumo energético se envía al aparato de comunicaciones respectivo en la etapa 550, y se recibe e implementa en el aparato de comunicaciones en la etapa 560.

Existe una etapa opcional 525 que envía una actualización de carga de tráfico al NMS periódicamente después de detectar la carga de tráfico, o en algunas realizaciones sólo si se alcanza el umbral, para así reducir las comunicaciones y la sobrecarga de procesamiento. Existe una etapa 570 para establecer un nuevo umbral después de cambiar el modo de consumo energético.

La figura 9 muestra una vista esquemática de una red según una realización, para mostrar varios ejemplos de ubicaciones del controlador esclavo del modo de energía. Hay tres ubicaciones diferentes, y en diferentes ejemplos los controladores esclavos del modo de energía se pueden colocar en sólo una ubicación o en cualquiera de dos o tres de las ubicaciones mostradas. El controlador esclavo del modo de consumo más a la izquierda se muestra acoplado entre el NMS 30 y el aparato de comunicaciones 60, pero está situado sobre o en el NMS. El controlador esclavo del modo de energía se muestra acoplado entre el NMS 30 y el aparato de comunicaciones 60, y situado en su propia posición intermedia lejos del NMS y de los nodos 50 donde están los aparatos de comunicaciones. El controlador esclavo del modo de energía más a la derecha se muestra acoplado entre el NMS 30 y el aparato de comunicaciones 60, y está situado en el nodo 50 donde están los aparatos de comunicaciones respectivos.

Figura 10: umbrales que varían con el tiempo

La figura 10 muestra un gráfico de la carga de tráfico y de umbrales que varían a lo largo del tiempo a medida que el tiempo transcurre de izquierda a derecha. La carga de tráfico se muestra representada como un cubo con un nivel de llenado de agua en tres instantes de tiempo diferentes. En un primer instante de tiempo, la carga está entre un umbral superior 580 (mostrado con una bandera oscura) y un umbral inferior 590 (mostrado con una bandera clara). La parte superior del cubo es el techo del gestor del modo de Energía (PMM), que indica las máximas prestaciones en términos de capacidad de carga de tráfico. El umbral superior está un poco por debajo del techo, por lo que hay algún margen de tiempo para que actúen el controlador esclavo o el NMS. En un segundo instante de tiempo, la carga de tráfico se ha incrementado lo suficiente para provocar la activación de una petición para aumentar la capacidad. En respuesta, se ha cambiado el modo de consumo energético, como se muestra por el techo más alto. Los umbrales superior e inferior también se han cambiado para ser más altos que antes.

En el tercer instante, la carga de tráfico ha disminuido, de modo que se ha enviado una petición para disminuir el modo de consumo energético y se ha cambiado el modo, tal como se muestra en el techo más bajo del PMM, y los umbrales inferior e inferior más bajos.

Figuras 11 y 12: controlador

La figura 11 muestra una vista esquemática de una red según otra realización, para mostrar un ejemplo de un controlador acoplado a un NMS y dispuesto para enviar niveles de prestaciones para modos de consumo energético a los NMS. Se muestra que el controlador tiene un procesador 310 configurado para determinar modos de consumo energético para, al menos, uno de los aparatos de comunicaciones, basándose en la carga de tráfico. El modo de consumo energético determinado se puede enviar al aparato de comunicaciones respectivo. Se proporciona una interfaz 320 al NMS, para enviar información sobre los modos de consumo energético de los respectivos aparatos de comunicaciones. Las indicaciones de los diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico para los respectivos modos de consumo energético se pueden enviar al NMS desde el controlador.

La figura 12 muestra un gráfico de tiempo correspondiente para el funcionamiento de la realización de la figura 11. La columna izquierda muestra las operaciones del aparato de comunicaciones, la columna central muestra las operaciones del controlador 301 y la columna derecha muestra las acciones del NMS. El tiempo transcurre hacia abajo. En la etapa 600, el controlador 301 detecta la carga de tráfico. El modo de consumo energético se determina basándose en la carga de tráfico, y se envía al aparato de comunicaciones en la etapa 610. El nuevo modo de consumo energético se implementa en la etapa 620. En la etapa 630, la información se envía al NMS, incluyendo indicaciones del nivel de prestaciones para los modos. En la etapa 640, el NMS puede realizar gestiones tales como el cálculo de rutas basándose en los nuevos niveles de prestaciones.

Figura 13: ejemplos de realizaciones de aparatos de comunicaciones

La Figura 13 muestra ejemplos de aparatos de comunicaciones en forma de una serie de equipos A, B, #, cada uno de los cuales tiene un número de tarjetas de circuitos, y todos pertenecientes a un nodo. Una parte común para el nodo es una parte de control del nodo que tiene una capa de aplicación y una pila de protocolos 820, que se comunica con la parte de control del sistema correspondiente en cada equipo, que tiene una capa de aplicación y una pila de protocolos 810. El equipo A tiene circuitos que se muestran con más detalle, incluyendo las tarjetas de línea A, B y #. La tarjeta de línea A tiene circuitos que pueden tener diferentes modos de consumo energético, incluyendo una fuente de alimentación 850 CC / CC controlada digitalmente, para proporcionar líneas de suministro energético a otros circuitos. También se muestra un reloj 860 controlado digitalmente, un transmisor en forma de diodo láser LD 840, y un circuito 870 para el procesamiento de datos y para la supervisión de la carga local de tráfico. Una unidad de ventilación 830 está provista de control de velocidad, mediante una tensión de alimentación controlable. Se proporciona un bus de control entre los diversos elementos de la tarjeta.

El controlador o controlador esclavo del modo descrito anteriormente se puede implementar, opcionalmente, como parte de la capa de aplicación en la parte de control del nodo o de control del sistema. Estas partes pueden comunicar con el NMS a través de un enlace de comunicaciones (no mostrado). Pueden comunicar con el aparato de comunicaciones a través de la pila de protocolos de las partes de control del nodo o de control del sistema, para implementar los procedimientos de control del modo de consumo energético descritos anteriormente.

Figuras 14 y 15: otra realización

Las figuras 14 y 15 muestran diagramas funcionales con secuencias temporales de eventos que transcurren de izquierda a derecha, según las realizaciones. La secuencia de eventos también está indicada por los números 0-5. Las funciones se muestran con flechas que indican el flujo de información entre el NMS 30 y el aparato de comunicaciones, en forma de equipamiento con conciencia energética 62. Para garantizar la calidad de servicio QoS, la coordinación entre la carga de tráfico y el PMM se puede lograr mediante el siguiente procedimiento.

El NMS 30 con Conciencia Energética puede primero:

- ejecutar una "Función Descubrimiento" con conciencia energética (etapa 710).

Al ejecutar la "Función descubrimiento" con conciencia energética, el NMS con conciencia energética obtiene la siguiente información de cada uno de los equipos con conciencia energética subyacente (etapa 720):

- obtener los modos de gestión de consumo energético soportados.
- obtener las prestaciones esperadas (rendimiento máximo del tráfico, latencia, consumo energético, tiempo de transición, es decir, tiempo de reposo y tiempo que tarda en despertar) para cada PMM soportado.
- obtener la carga real de tráfico por cada tarjeta / interfaz.
- obtener el consumo energético real (medido) (esto es opcional, no es estrictamente necesario).

El NMS con conciencia energética calcula (etapa 730) el encaminamiento óptimo de tráfico con conciencia energética y la gestión de los modos de energía. Por cada elemento o tarjeta, el NMS con conciencia energética establece (en el orden siguiente cuando se reducen las prestaciones, o en orden inverso cuando aumentan las prestaciones, tal como se muestra en la figura 15) lo siguiente:

- establecer el encaminamiento del tráfico (730), para maximizar el ahorro de energía que se obtiene aplicando el conjunto disponible de PMM;
- establecer los PMM (etapa 740), según la carga de tráfico real. Por ejemplo, al aproximarse el horario de descanso, el NMS-EA puede, en primer lugar, encaminar el tráfico hasta completar sólo unos pocos recursos, y después puede poner en reposo los recursos restantes; mientras que al aproximarse las horas de mayor tráfico, puede, en primer lugar, despertar recursos, y después encaminar el tráfico para compartir la carga sobre los recursos disponibles.

El equipo con conciencia energética puede comunicarse con el NMS con conciencia energética mediante una interfaz genérica North Bound ("que comunica un elemento con otro de nivel superior") de bajo nivel), o con cualquier entidad genérica de Gestión de Red. Obsérvese que algunas partes del equipo pueden decidir espontáneamente ajustes de Baja Potencia, tales como la reducción de velocidad de la bandeja del ventilador, etc. antes del procedimiento de conciencia energética, por ejemplo en función del cambio de temperatura ambiente, y/o después del procedimiento de conciencia energética, por ejemplo apagando los ventiladores correspondientes a las tarjetas establecidas en "Desactivadas".

Ejemplo del modelo de información

Una lista de obtenciones y establecimientos para una realización puede ser como sigue:

- Obtención de tipo de tarjeta ← (Por ejemplo, SDH, OTN, 1G, 100G, WDM...)
- Obtención de configuración de tarjeta ← (bucle principal, en espera, IEEE1588, Eth, IP...)
- 5 Establecimiento de PM_1 → Activo_Max (Alimentación CC/CC máxima; velocidad de reloj máxima...)
- Establecimiento de PM_2 → por ejemplo IEEE en reinicio
- Establecimiento de PM_3 → Transmisión_apagada de la Interfaz 1
- Establecimiento de PM_4 → Transmisión_apagada de la Interfaz 2
- ...
- 10 Establecimiento de PM_n → Transmisión_apagada de la Interfaz n
- Establecimiento de PM_o → Reposo_profundo (alimentación CC/CC mínima; velocidad de reloj cero...)
- Establecimiento de PM_p → Apagado (BPM CC/CC apagado...)
- Obtención de PM_1 ← Rendimiento; potencia; latencia
- Obtención de PM_2 ← Rendimiento; potencia; latencia
- 15 ...
- Obtención de PM_p ← Rendimiento; potencia; latencia
- Obtención de carga de tráfico real ← Elemento 1
- Obtención de carga de tráfico real ← Elemento 2
- Obtención de carga de tráfico real ← Elemento n
- 20 Obsérvese que: un microprocesador u otro controlador incorporados pueden decidir por sí mismos introducir un ajuste espontáneo de Baja Potencia, por ejemplo reduciendo la velocidad de reloj del motor de tráfico si, por ejemplo, están activas menos de x rutas de tráfico. Una parte común, común a múltiples circuitos, puede decidir espontáneamente sobre un ajuste de Baja Potencia, por ejemplo para reducir la velocidad de la bandeja de ventilador.
- 25 Carga real del tráfico
- Un problema importante para cualquier procedimiento destinado a la adaptación dinámica en función de la carga de tráfico, es un procedimiento eficaz para obtener la carga de tráfico real; esto no es una tarea fácil, teniendo en cuenta lo siguiente:
 - i) el NMS con conciencia energética podría soportar un gran número de elementos de red,
 - 30 ii) el procedimiento de obtención de la carga de tráfico debe ser tan rápido como sea posible, minimizando el tiempo que transcurre entre esta obtención y el establecimiento del PMM correspondiente, por lo que se anula el riesgo del impacto en la calidad de servicio QoS por un ajuste inconsecuente debido a cambios en la carga de tráfico no detectados.
 - 35 iii) Un procedimiento de sondeo cíclico de arriba a abajo, si es demasiado frecuente puede sobrecargar el NMS con conciencia energética, mientras que si es demasiado lento puede introducir un retardo inaceptable entre la reunión de la carga de tráfico y el consiguiente ajuste del PMM (por ejemplo, un mecanismo de reunión cada 15 minutos, como el de los contadores de prestaciones, corre el riesgo de ser demasiado lento para garantizar la calidad de servicio QoS o, de alguna forma, la eficacia óptima del mecanismo de ahorro energético, mientras que, sin embargo, no puede garantizar que no sobrecarga el NMS con EA cuando éste soporta un elevado
 - 40 número de elementos).

Una solución a tales problemas es la siguiente:

i) Cada elemento puede proporcionar una indicación espontánea (de abajo a arriba) del estado de carga de tráfico apropiado solamente cuando sea estrictamente necesario.

- 5 ii) Por cada PM de cada elemento se definirán dos umbrales de carga de tráfico, el superior y el inferior, para discriminar si la carga de tráfico real está en línea con la capacidad real de prestaciones, o si se está acercando peligrosamente a la capacidad máxima permitida, o si la carga de tráfico es demasiado baja, es decir, si la capacidad está sobredimensionada.

10 Cada elemento puede calcular de forma autónoma el estado de carga de tráfico apropiado, observando los "contadores de paquetes" locales, comparando el resultado con los umbrales almacenados localmente, seleccionados en función de la configuración del PM dada (real) (se puede valorar la conveniencia de proporcionar al NMS con EA la capacidad de actualizar los niveles de los umbrales, por ejemplo durante la fase de Descubrimiento o en tiempo extra).

Según el resultado de la comparación con los umbrales, el elemento puede:

- 15 i) Enviar una petición urgente al NMS con EA para un ajuste del PMM a mayores prestaciones, tan pronto como la carga de tráfico esté por encima del umbral superior (bandera oscura de la figura 10);
- ii) Enviar una petición no urgente hacia el NMS con EA, para un ajuste del PMM a menores prestaciones, tan pronto como la carga de tráfico esté por debajo del umbral inferior (bandera clara en la figura 10);
- iii) No enviar ninguna petición (no hacer nada), siempre y cuando la carga de tráfico se encuentre entre los dos umbrales.

20 El NMS con EA puede reaccionar rápidamente a peticiones urgentes calculando y proporcionando el nuevo PM (a mayores prestaciones), y/o las nuevas configuraciones del encaminamiento de tráfico, que redistribuyen el tráfico para descargar los elementos críticos.

El NMS con EA puede reaccionar con una prioridad más baja a peticiones no urgentes, calculando y proporcionando el nuevo PM (a menores prestaciones), y/o las nuevas configuraciones del enrutamiento de tráfico, que redistribuyen el tráfico para utilizar las capacidades adecuadamente.

- 25 Por medio de este procedimiento, el NMS con Conciencia Energética evita la necesidad de preguntar repetidamente la carga de tráfico real desde cualquier elemento soportado. El NMS con Conciencia Energética puede de cualquier forma mantener la capacidad de solicitar, de manera oportuna, el porcentaje exacto de la carga de tráfico de un elemento dado, para necesidades inesperadas o para una mejora adicional de la distribución de carga. En caso de indisponibilidad temporal del NMS con Conciencia Energética, por razones de seguridad, la configuración Activo-Máximo (es decir, las mayores prestaciones) puede ser superpuesta por los controles locales del elemento. Tan pronto como se reanude la disponibilidad del NMS con Conciencia Energética, se iniciará una nueva "Función Descubrimiento".
- 30

Figuras 16-18: ejemplo de encaminamiento de tráfico con EA

- 35 A continuación se explica con más detalle, a modo de ejemplo, el funcionamiento de un aparato de cálculo de rutas, con referencia a las figuras 16 a 18 que muestran una parte de una red de tres nodos, para utilizar el encaminamiento de tráfico con EA cuando se trata de la adaptación dinámica de prestaciones a dispositivos capaces de carga de tráfico. Hay tres nodos A, B y C, conectados por los enlaces A-B, B-C y A-C. En los tres nodos de la red con Conciencia Energética del ejemplo, el tráfico entre el nodo A y el nodo B se reduce etapa por etapa supervisando en cada etapa la carga de tráfico relevante (como se ha explicado anteriormente en relación con las figuras 14 y 15, por ejemplo). Los modos de consumo energético operativos se establecen en consecuencia, hasta que se alcanzan niveles de carga de tráfico que se pueden gestionar, de manera que se pueden encaminar a través de rutas alternativas. Tan pronto como estas rutas alternativas pueden satisfacer plenamente la carga de tráfico real, el enlace A-B del ejemplo puede asumir modos de consumo de reposo más y más profundo, tales como Reposo Rápido, Reposo Profundo o Desactivado.
- 40

- 45 Esto se puede lograr mediante el control centralizado del NMS con EA al nivel de nodo o de red, o localmente mediante el control del equipo (conciencia energética), mediante la comparación del tráfico real con los umbrales de tráfico inferior ↓ y superior ↑, establecidos con respecto al rendimiento máximo de cada nodo o enlace.

La figura 16 muestra una primera condición de flujo de tráfico para altas prestaciones (A-B en enlace doble, A-C, B-C):

- 50 - Si la carga de tráfico se reduce a una segunda condición de flujo de tráfico, entonces, como se muestra en la figura 17, todo el tráfico activo se encaminará a sólo uno de los dos enlaces A-B, y el otro enlace entra en el primer modo de reposo, es decir, el estado de reposo rápido, tan pronto como el tráfico en ambos enlaces A-B sea lo

suficientemente bajo en comparación con el rendimiento máximo, es decir, por debajo del “umbral $\downarrow \ll$ rendimiento máximo” (un ejemplo de activación puede ser 2G, suponiendo que el rendimiento máximo del enlace es de 10G). Un enlace funciona a 4G (sobre un máximo de 10G, asumiendo el modo operativo según un tráfico de 4G, en el ejemplo), el otro reposa con el tiempo para despertar más rápido. Obsérvese que este control podría ser local, sin intervención directa del NMS con EA centralizado, que sólo debe mantenerse actualizado con lo que ocurra.

- Si el tráfico A-B disminuye aún más (horas valle), el enlace en reposo puede entrar en un modo de reposo más profundo, por ejemplo estado de reposo profundo, tan pronto como el tráfico A-B esté por debajo del “umbral $\downarrow \lll$ rendimiento máximo” (como ejemplo, la activación puede ocurrir a 500Kbps, asumiendo que el enlace es de 10G). Un enlace funciona a 500Kbps (sobre un máximo de 10G), mientras que el otro se encuentra en reposo profundo.

- Si también el tráfico A-C y el tráfico B-C disminuyen proporcionalmente, el NMS con EA encaminará todo el tráfico activo entre el nodo A y el nodo B (es decir, los 500Kbps residuales de tráfico en A-B, en este ejemplo) hacia el nodo C tan pronto como el tráfico A-C y el tráfico B-C estén por debajo del “umbral $\downarrow \lll$ rendimiento máximo”, (por ejemplo, 2G, asumiendo que el enlace es de 10G) funcionando a 2.5 G de los 10G como máximo (será la misión del NMS con EA centralizado asegurar que el nodo / enlace receptor puede soportar el tráfico encaminado). El otro enlace operativo restante A-B puede ir ahora a un modo de reposo, entrando en el modo de reposo rápido, mientras que el enlace en reposo A-B puede entrar en un modo de reposo más profundo, por ejemplo Desactivado.

- Si el tráfico A-C y el tráfico B-C disminuyen aún más (por ejemplo, noche avanzada, tiempo de invierno en residencias de playa, etc.), tan pronto como el tráfico A-C y el tráfico B-C estén por debajo del “umbral $\downarrow \lll$ rendimiento máximo”, (por ejemplo, 500Kbps asumiendo que el enlace es de 10G), los enlaces A-B pueden ir a modo reposo profundo y Desactivado, respectivamente, o incluso ambos a Desactivado, maximizando el ahorro de consumo energético, como se muestra en la figura 18. Obsérvese cómo el procedimiento es capaz de una compensación adecuada entre el margen de tráfico y los modos de consumo energético de reposo, para garantizar la QoS (calidad de servicio) en caso de picos de tráfico repentinos.

- Cuando el tráfico A-C y el tráfico B-C aumentan (el tráfico se incrementa, tal como por ejemplo por la mañana temprano), tan pronto como el tráfico A-C y/o el tráfico B-C estén por encima del “umbral $\uparrow \lll$ rendimiento máximo” (como ejemplo, se puede activar a 1G asumiendo que el enlace es de 10G), uno de los enlaces A-B será forzado a entrar, por ejemplo, en reposo rápido, mientras que el otro puede permanecer Desactivado (véase la figura 17).

- Si el tráfico A-C y el tráfico B-C aumentan todavía más, entonces el NMS con EA establecerá uno de los enlaces A-B a un modo operativo adecuado, y después encaminará todo el tráfico activo entre el nodo A y el nodo B de nuevo hacia el enlace operativo A-B, tan pronto como el tráfico A-C y/o B-C esté por encima del “umbral $\uparrow \ll$ rendimiento máximo” (como ejemplo, se puede activar a 4G suponiendo que el rendimiento máximo del enlace es de 10G; será una misión del NMS con EA centralizado asegurar que el tráfico encaminado pueda ser soportado por el modo operativo del nodo / enlace receptor). El enlace en reposo A-B volverá a un modo de reposo menos profundo, por ejemplo reposo profundo.

- Si el tráfico A-B aumenta todavía más, el modo operativo se ajustará en consecuencia en el enlace que está en funcionamiento, mientras que un modo de reposo menos profundo, por ejemplo el estado de reposo rápido será establecido para el enlace en reposo, tan pronto como el tráfico A-B esté por encima del “umbral $\uparrow \lll$ rendimiento máximo” (por ejemplo 1G, asumiendo que el enlace es de 10G).

- Tan pronto como el tráfico A-B aumenta todavía más, se forzará la entrada de un PM de operación del enlace que todavía estaba en reposo, tan pronto como el tráfico A-B esté por encima del “umbral $\uparrow \ll$ rendimiento máximo”, como se muestra en la figura 16 (como ejemplo, la activación puede ocurrir a 4G, suponiendo que el flujo máximo del enlace es de 10G). En lo sucesivo, la transición del modo de consumo energético operativo puede ocurrir a determinados umbrales en función de la carga de tráfico.

Figuras 19 a 21: Modos de consumo energético primitivos: división de Reinicio, de Reloj, de Alimentación

Según algunos ejemplos de los procedimientos propuestos en la presente memoria, los modos de consumo energético pueden hacer uso de una o más entre tres técnicas principales: división de reinicio, división y cambio de escala del reloj, y división y cambio de escala de la fuente de alimentación. Estas técnicas pueden aplicarse en varias configuraciones combinadas en función de los circuitos disponibles, según se explica en mayor detalle a continuación.

Figura 19: División de Reinicio

Las funciones de reinicio pueden ser múltiples, divididas (reinicio selectivo), de manera que en cualquier tarjeta o subsistema individual también se pueden aplicar reinicios selectivos a cualquier dispositivo o sección individual de la tarjeta dada por medio de funciones de reinicio dedicadas. La figura 19 muestra los dispositivos A, B y C (900, 910 y 920, respectivamente) que tienen, por ejemplo, reinicios del HW ("hardware") mediante cables dedicados, y/o reinicio del SW ("software") mediante funciones dedicadas controladas por software. En un ejemplo, como una función del dispositivo, un reinicio de SW de una porción de circuito, por ejemplo de un transmisor, podría evitar afectar por ejemplo a la sincronización del PLL o a la del bus, que normalmente sufriría un reinicio simultáneo. Por lo tanto, un reinicio selectivo puede acelerar el tiempo para despertar y reducir el impacto en los dispositivos vecinos. Un reinicio del HW puede proporcionar un consumo energético consecuentemente menor, pero requiere un tiempo para despertar mayor.

Figura 20: División y cambio de escala del reloj

La división y cambio de escala del reloj es una técnica en la que la frecuencia de reloj de un microprocesador, o de un procesador de red, o cualquier otro mecanismo aplicable se puede ajustar dinámica y selectivamente "sobre la marcha", ahorrando energía y reduciendo la cantidad de calor generado por el chip dado. La figura 20 muestra los dispositivos A, B y C (900, 910 y 920, respectivamente). Cada dispositivo puede tener su propio reloj dedicado, obtenido mediante un sintetizador de frecuencia de múltiples salidas (por ejemplo, por osciladores controlados digitalmente, osciladores controlados numéricamente, pre-escaladores, etc.). El escalado de frecuencia reduce el número de instrucciones que un procesador puede producir en un período de tiempo determinado, reduciendo así también las prestaciones.

Figura 21: División y cambio de escala de Alimentación

La distribución de la fuente de alimentación se puede dividir según el nivel de detalle permitido por cada diseño específico; identificando todos los dispositivos que pueden desconectarse en configuraciones particulares, o que pueden ser alimentados por una Alimentación de Tensión reducida. La figura 21 muestra los dispositivos A, B y C (900, 910 y 920, respectivamente). Cada uno de estos dispositivos puede tener una línea de alimentación separada y gestionada independientemente de las otras.

El cambio de escala dinámico de tensión se puede utilizar conjuntamente con el cambio de escala de frecuencia, ya que la frecuencia de trabajo de un chip se relaciona con su tensión de funcionamiento. Según la fórmula dada, el ahorro conseguido aplicando cambio de escala de tensión es proporcional al cuadrado del escalón de tensión aplicado, es decir a $(\Delta V)^2$, y por lo tanto podría ser particularmente importante.

Aplicando la división de circuitos, se crean varias "islas" o dominios diferentes sobre la tarjeta, y/o equipo, y/o componente dados (FPGA, etc., puesto que las técnicas descritas en la presente memoria son aplicables también a arquitecturas internas de chip). Los dominios pueden estar relacionados con una determinada función, interfaz, proceso, chips independientes, partes de un circuito, etc. y deberían adaptarse para compartir con otros dominios el menor número posible de interconexiones a la menor velocidad posible de frecuencia. En el caso del cambio de escala de tensión, en ocasiones es recomendable el uso de repetidores de nivel para realizar las conexiones entre dominios.

Observaciones finales

En la actualidad, el consumo energético es casi independiente de la carga de tráfico. Hasta el día de hoy los diseños tienen un comportamiento Energía versus Carga que muestra una variación nula o escasa del consumo energético en función de las cargas de tráfico. Con los procedimientos de diseño con Conciencia Energética propuestos, es posible maximizar la dependencia del consumo energético respecto a la carga de tráfico, así como añadir estados de reposo significativos para mejorar aún más las posibilidades de ahorro energético. El procedimiento permite adaptar dinámicamente las prestaciones de la red a la carga real de tráfico, maximizando así el ahorro energético. Mediante el procedimiento descrito en la presente memoria se puede lograr un notable ahorro en términos de emisión de GHG ("gases de efecto invernadero") así como en términos de gastos operativos.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de gestión de red para una red de comunicaciones que tiene nodos (50), comprendiendo al menos uno de los nodos un aparato de comunicaciones (60) que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético que proporcionan diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones, comprendiendo el sistema de gestión de red:
 - un aparato (20) de cálculo de rutas configurado para seleccionar las rutas para el tráfico utilizando el aparato de comunicaciones, basándose en información sobre la carga de tráfico en la red y en información sobre los modos de consumo energético del aparato de comunicaciones de al menos uno de los nodos, y un controlador (10) del modo de energía asociado al aparato de cálculo de rutas para controlar los modos de consumo energético de, al menos, uno de los aparatos de comunicaciones, según la información sobre la carga de tráfico y según la información sobre las rutas seleccionadas y
 - estando el controlador del modo de energía configurado para controlar (150) los modos de consumo energético de al menos uno de los aparatos de comunicaciones, en respuesta a una petición de un modo de consumo energético diferente por parte del aparato de comunicaciones respectivo, cuando detecta que su carga de tráfico ha alcanzado un umbral de tráfico.
2. Sistema de gestión de red según la reivindicación 1, con el aparato de cálculo de rutas configurado para recibir desde el aparato de comunicaciones indicaciones de los diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico según sus respectivos modos de consumo energético, y para realizar el cálculo de rutas según dichas indicaciones.
3. Sistema de gestión de red según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que para condiciones de disminución de la carga de tráfico, el sistema de gestión de red está configurado de tal manera que el aparato de cálculo de rutas realiza el cálculo de rutas (260), y el controlador del modo de energía está configurado para controlar posteriormente los modos de consumo energético (270) basándose en el cálculo de rutas, y/o en el que para las condiciones de aumento de la carga de tráfico, el sistema de gestión de red está configurado de tal manera que el controlador del modo de energía controla los modos de consumo energético (210), y el aparato del cálculo de rutas está configurado para realizar posteriormente el cálculo de rutas (230) basándose en los modos de consumo energético.
4. Controlador esclavo (300) del modo de energía para una red de comunicaciones, teniendo la red nodos (50), al menos uno de los cuáles comprende un aparato de comunicaciones (60) que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético, que tienen diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones, teniendo la red también un sistema (30) de gestión de red, comprendiendo el controlador esclavo del modo de energía:
 - una interfaz (320) para la comunicación con el sistema de gestión de red, y un procesador (310) acoplado a la interfaz para recibir comandos del modo de consumo energético desde el sistema de gestión de red, y configurados para determinar (420) los modos de consumo energético para al menos uno de los aparatos de comunicaciones, basándose en los comandos recibidos del modo de consumo energético, y para emitir los modos de consumo energético determinados al aparato de comunicaciones respectivo, y estando el procesador configurado para detectar (410) cuándo la carga de tráfico de uno de los aparatos de comunicaciones alcanza un umbral de tráfico, y para enviar (520) una petición de un comando para alterar el modo de consumo energético al sistema de gestión de red.
5. Controlador esclavo del modo de energía según la reivindicación 4, estando configurada la interfaz para enviar al sistema de gestión de red, indicaciones (450) de los diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico para los modos de consumo energético respectivos del respectivo aparato de comunicaciones, y, opcionalmente, el controlador esclavo del modo de consumo está configurado para establecer el umbral de tráfico (400) según el modo de consumo energético actual.
6. Controlador esclavo del modo de energía según las reivindicaciones 4 ó 5, comprendiendo el umbral de tráfico al menos un umbral de tráfico inferior (590) y un umbral de tráfico superior (580), y estando configurado el procesador para enviar una petición (520) de un modo de consumo energético menor cuando la carga de tráfico alcanza ese umbral de tráfico inferior, y para enviar una petición (520) de un modo de consumo energético mayor cuando la carga de tráfico alcanza ese umbral de tráfico superior.
7. Controlador para una red de comunicaciones, teniendo la red nodos (50), al menos uno de los cuáles comprende un aparato de comunicaciones (60) que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético, que tienen diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones, teniendo la red también un sistema de gestión de red (30), y comprendiendo el controlador:

- un procesador (310) configurado para determinar los modos de consumo energético de al menos uno de los aparatos de comunicaciones basándose en la carga de tráfico, y para emitir los modos de consumo energético determinados a los aparatos de comunicaciones respectivos, y
- 5 - una interfaz (320) al sistema de gestión de red, estando configurado el procesador para utilizar la interfaz para enviar información sobre los modos de consumo energético de al menos uno de dichos aparatos de comunicaciones,
- en el que la información enviada al sistema de gestión de red comprende indicaciones (450) de los diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico para los respectivos modos de consumo energético.
- 10 8. Controlador según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, estando configurada la interfaz para enviar (525) una actualización de información de tráfico al sistema de gestión de red cuando la carga de tráfico alcanza un umbral de tráfico, y/o comprendiendo al menos uno de los modos de consumo energético una definición del reinicio selectivo de una parte de los circuitos (900, 910, 920) de un aparato de comunicaciones respectivo (60, 62), que se realizará cuando se cambie el modo de consumo energético.
- 15 9. Procedimiento para un sistema de gestión de red para la gestión de una red de comunicaciones, teniendo la red nodos, comprendiendo al menos uno de los nodos un aparato de comunicaciones que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético, que tienen diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - selección de rutas (230, 260) para el tráfico que utiliza el aparato de comunicaciones, basándose en la información sobre el tráfico en la red y en la información sobre los modos de consumo energético del aparato de
 - 20 comunicaciones, y
 - control (150, 210, 270, 400, 420, 520, 550, 610) de los modos de consumo energético de al menos uno de los aparatos de comunicaciones, según la información sobre el tráfico y la información sobre las rutas seleccionadas para el tráfico, comprendiendo además:
 - control de los modos de consumo energético de al menos uno de los aparatos de comunicaciones, en respuesta a
 - 25 una petición de un aparato de comunicaciones respectivo, de un modo de consumo energético diferente cuando detecta que su carga de tráfico ha alcanzado un umbral de tráfico.
- 30 10. Procedimiento para un controlador esclavo del modo de energía para controlar los modos de consumo energético en una red de comunicaciones, teniendo la red nodos (50), comprendiendo al menos uno de los nodos un aparato (60) de comunicaciones que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético, que tienen diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:
 - recibir comandos del modo de consumo energético desde el sistema de gestión de red,
 - determinar (420) los modos de consumo energético para al menos uno de los aparatos de comunicaciones basándose en los comandos del modo de consumo recibidos,
 - 35 - enviar los modos de consumo energético determinados al aparato de comunicaciones respectivo, y
 - detectar (410) cuando la carga de tráfico de uno de los aparatos de comunicaciones alcanza un umbral de tráfico, y enviar (520) una petición al sistema de gestión de red de un comando para cambiar el modo de consumo energético.
- 40 11. Procedimiento para un controlador que controla los modos de consumo energético en una red de comunicaciones, teniendo la red nodos (50), comprendiendo al menos uno de los nodos un aparato de comunicaciones (60) que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético que tienen diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - determinar (610) los modos de consumo energético para al menos uno de los aparatos de comunicaciones basándose en la carga de tráfico, enviar los modos de consumo energético determinados al aparato de comunicaciones respectivo, y
 - 45 - enviar (630) la información sobre los modos de consumo energético de al menos uno de dichos aparatos de comunicaciones al sistema de gestión de red,
 - en el que la información enviada al sistema de gestión de red comprende indicaciones de los diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico para sus respectivos modos de consumo energético.

12. Procedimiento para controlar los modos de consumo energético en un aparato (60) de comunicaciones que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético que tienen diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- recibir un comando de modo de consumo energético del controlador (10) del modo de energía,
- 5 - detectar la carga de tráfico (120); y
- detectar (130) cuando la carga de tráfico ha alcanzado un umbral de tráfico y, de ser así,
- enviar (140) una petición al controlador (10) del modo de energía para cambiar el modo de consumo energético.

10 13. Aparato (60) de comunicaciones que puede funcionar en diferentes modos de consumo energético que tienen diferentes niveles de prestaciones en el paso de tráfico de comunicaciones, estando configurado el aparato (60) de comunicaciones para:

- recibir un comando del modo de consumo energético de un controlador (10) del modo de energía,
- detectar la carga de tráfico (120); y
- detectar (130) cuando la carga de tráfico ha alcanzado un umbral de tráfico, y, de ser así,
- 15 - enviar (140) una petición al controlador (10) del modo de energía para cambiar el modo de consumo energético.

14. Aparato (60) de comunicaciones según la reivindicación 13, en el que el aparato (60) de comunicaciones está configurado para detectar la carga de tráfico (120) observando un contador de paquetes local, y

- 20 - está configurado para detectar (130) cuando la carga de tráfico ha alcanzado un umbral de tráfico, al comparar el contador de paquetes con un umbral almacenado localmente.

15. Un programa informático en un medio legible por ordenador y que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan en un ordenador, hacen que el ordenador realice el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14.

FIG 1

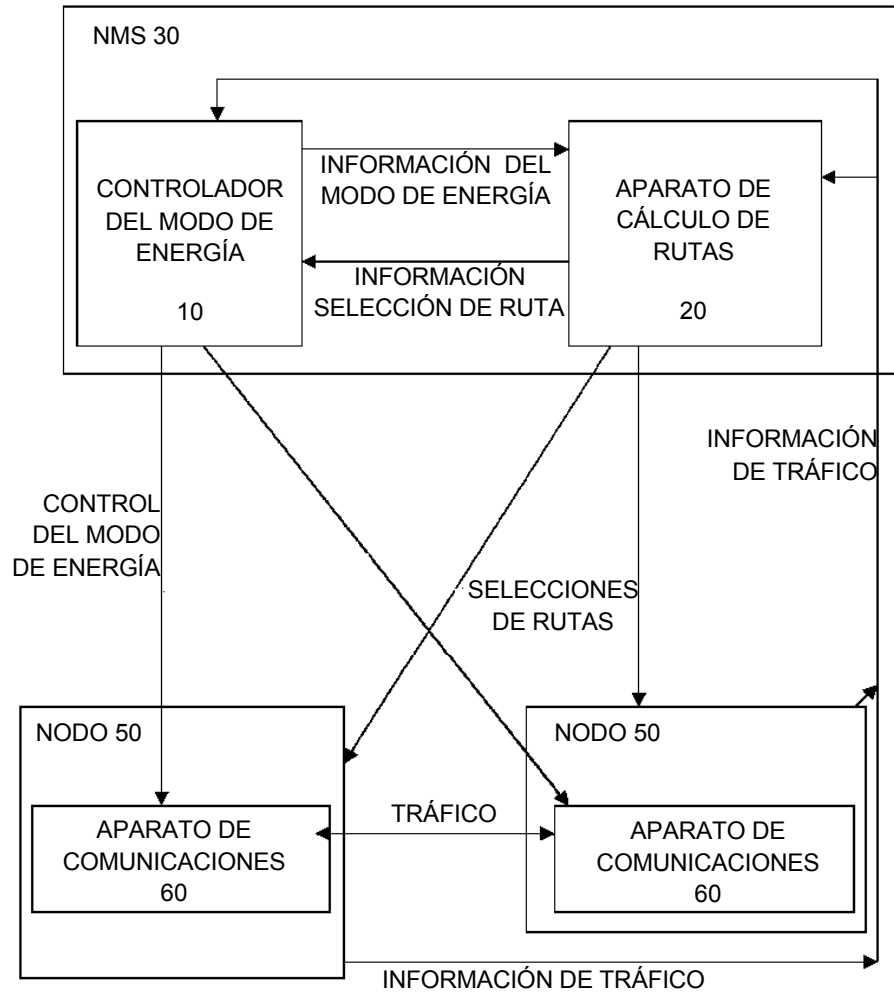


FIG 2

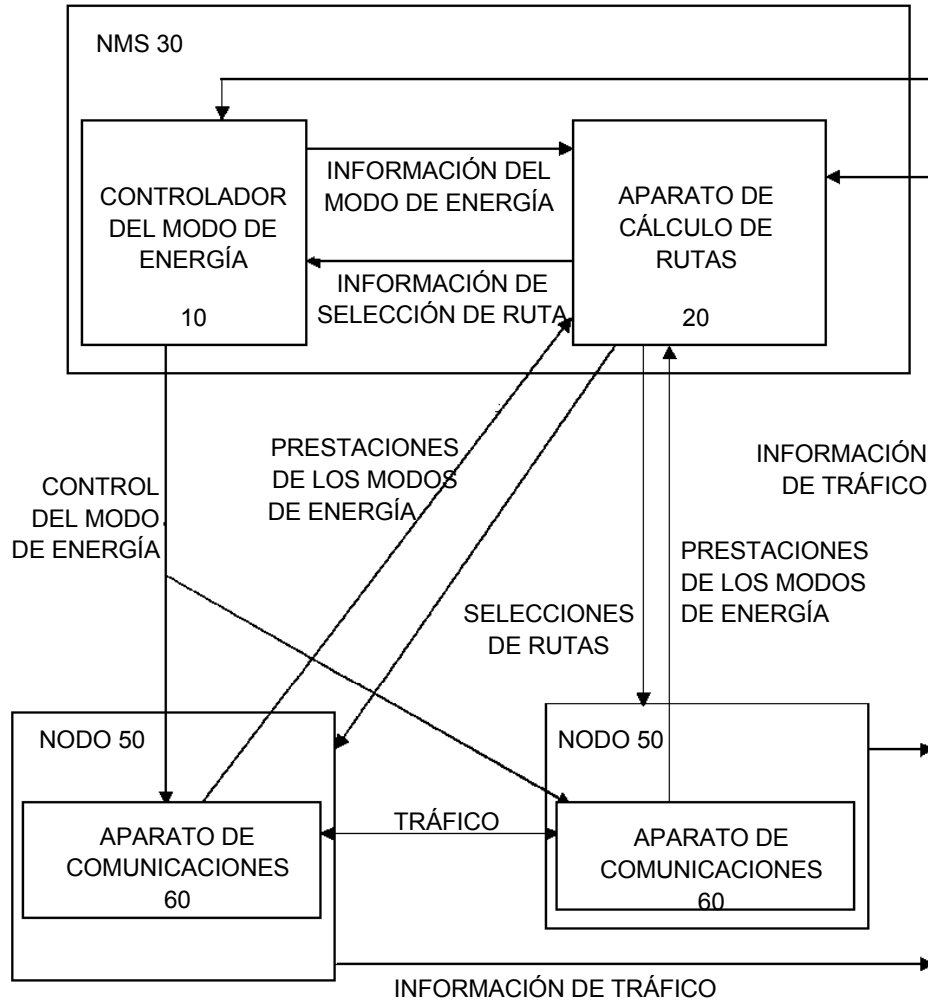


FIG 3

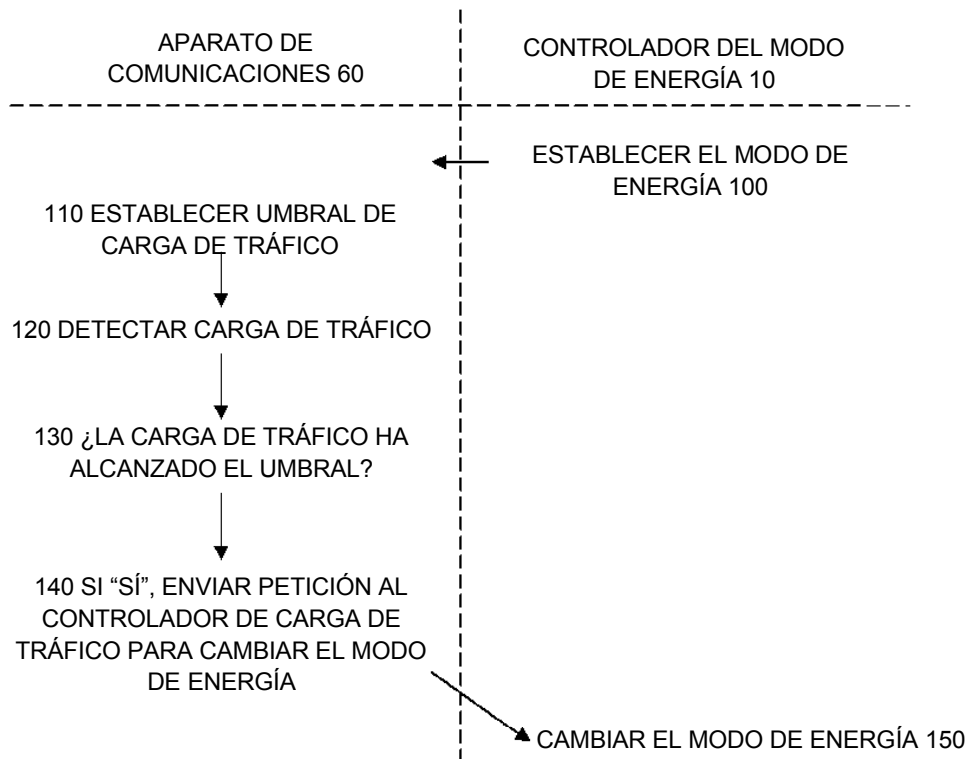


FIG 4

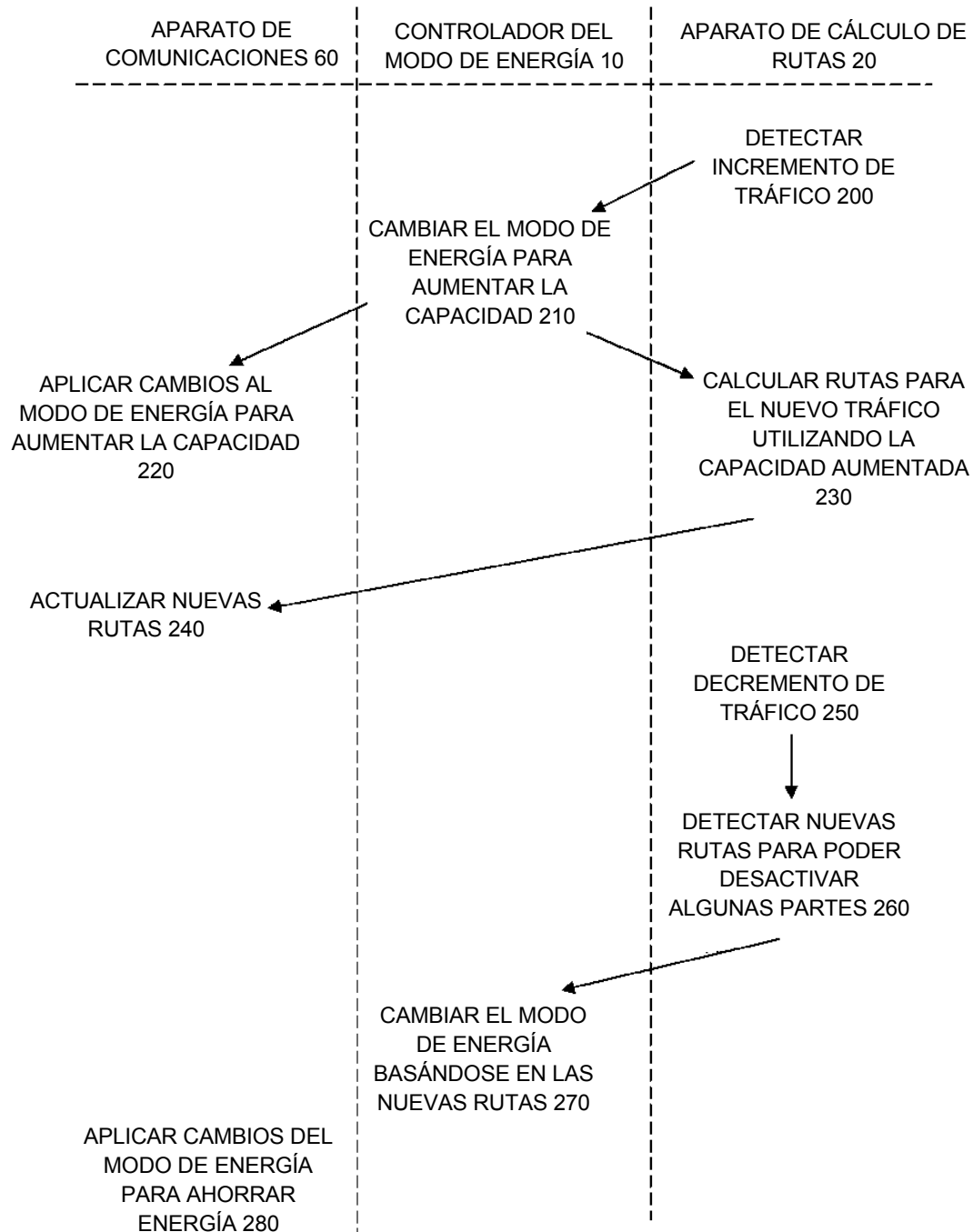


FIG 5

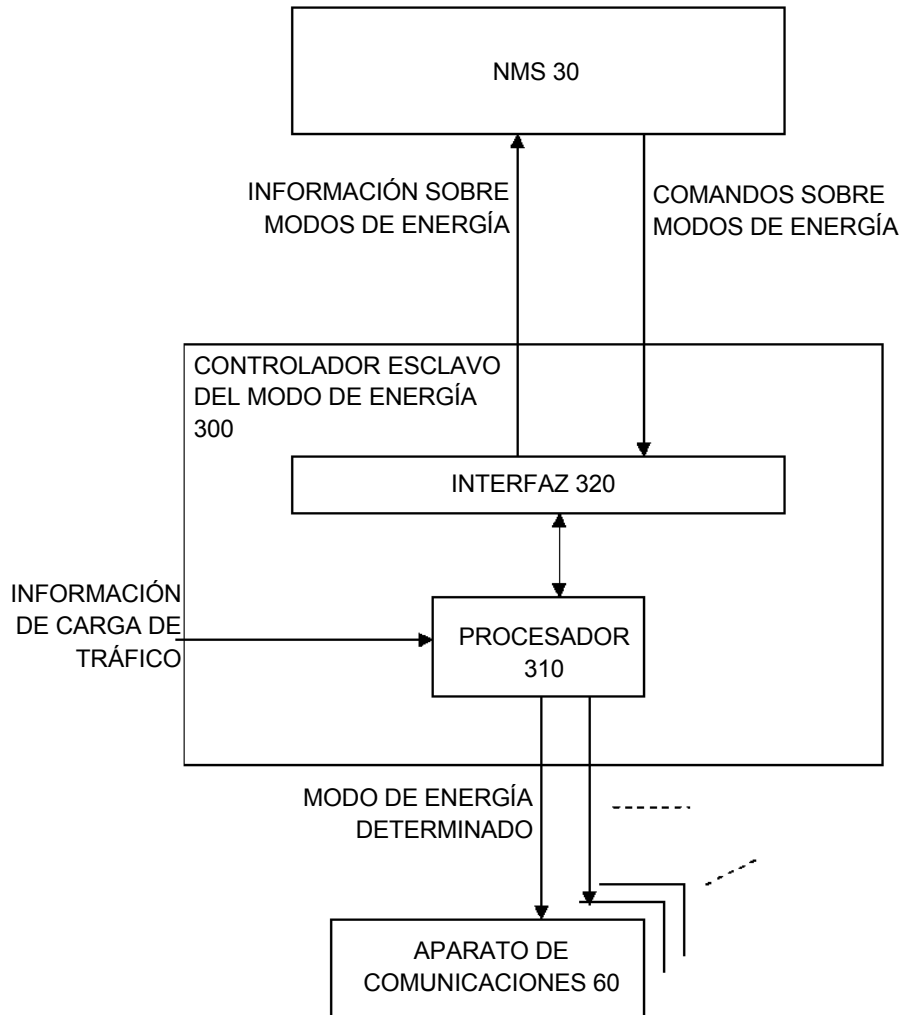


FIG 6

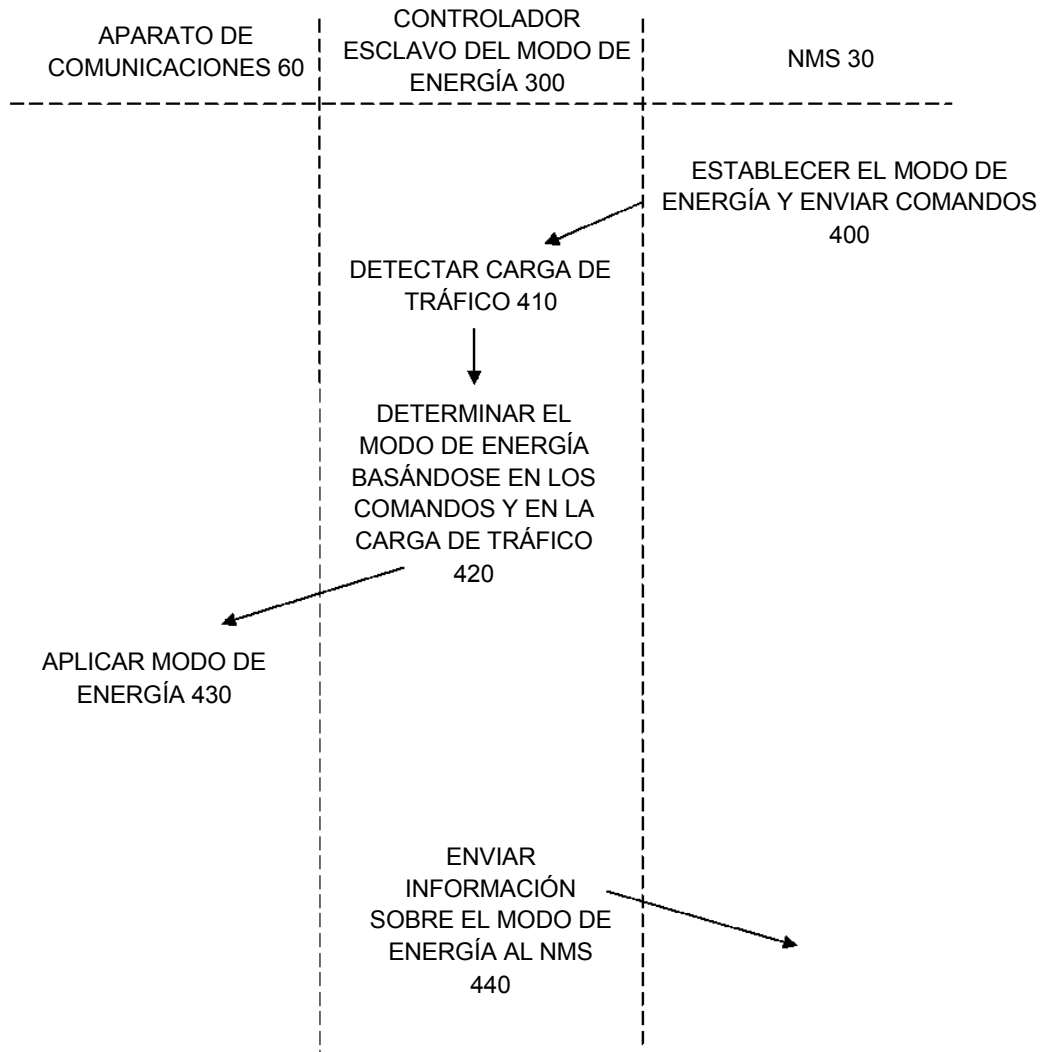


FIG 7

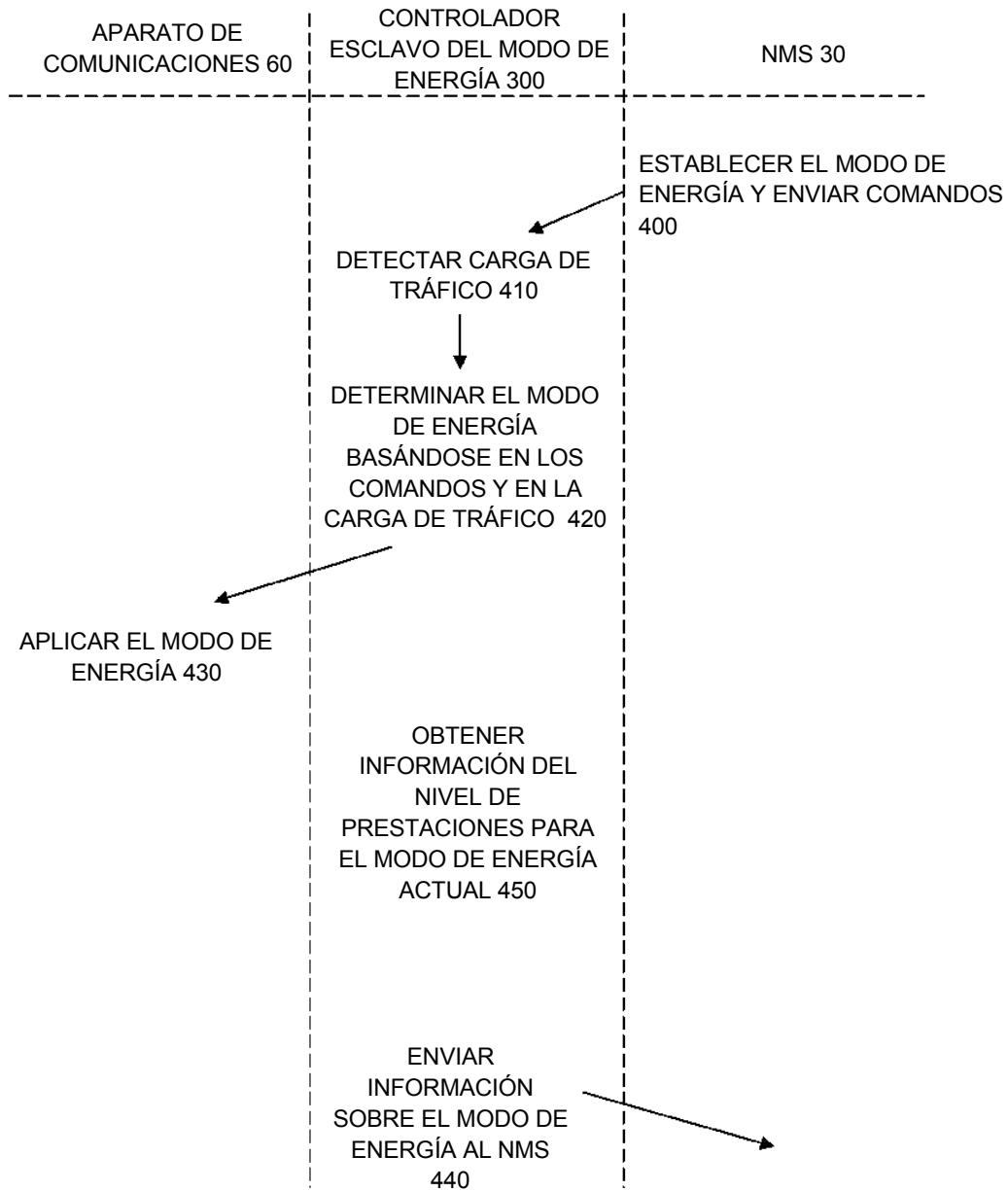


FIG 8

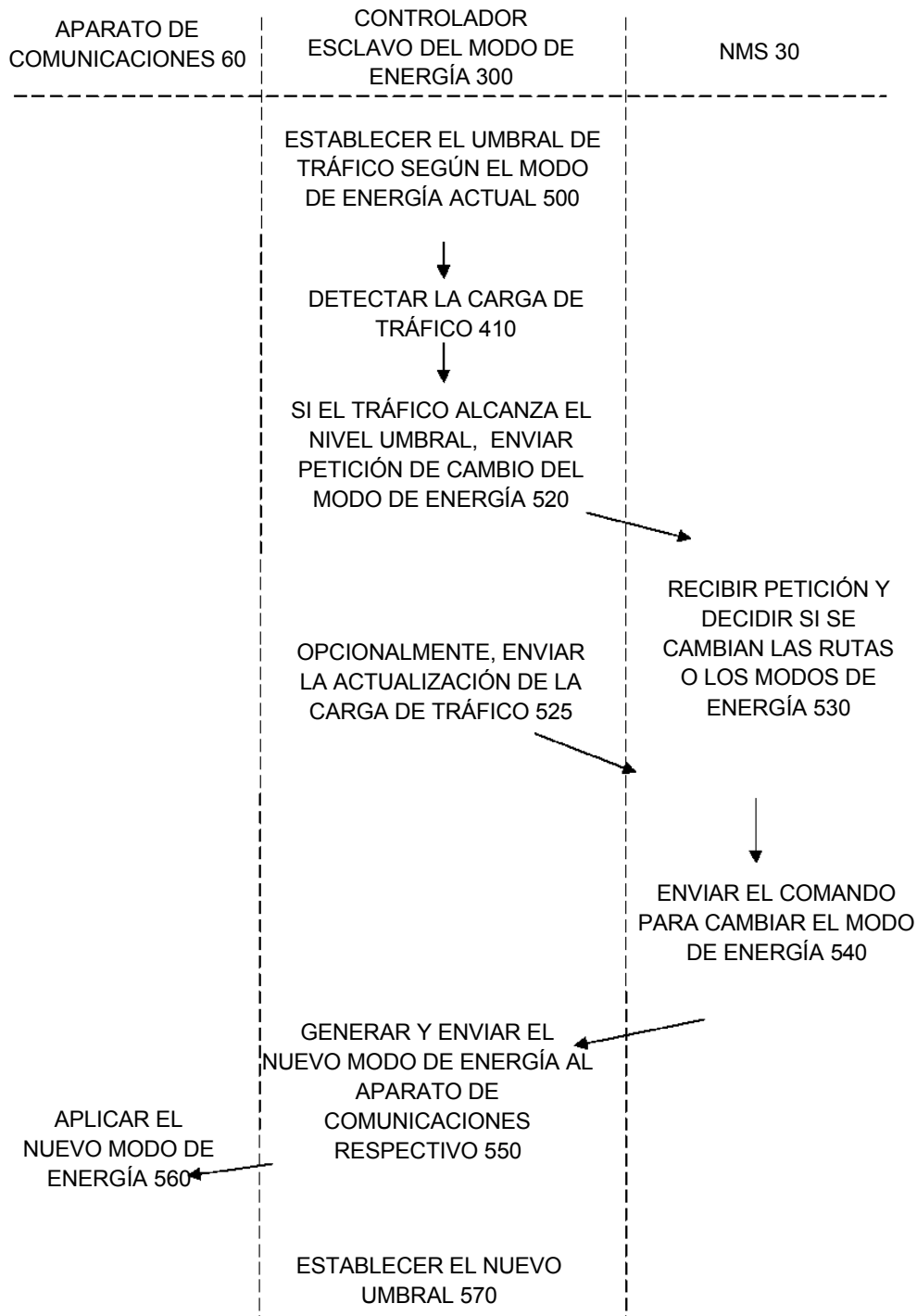
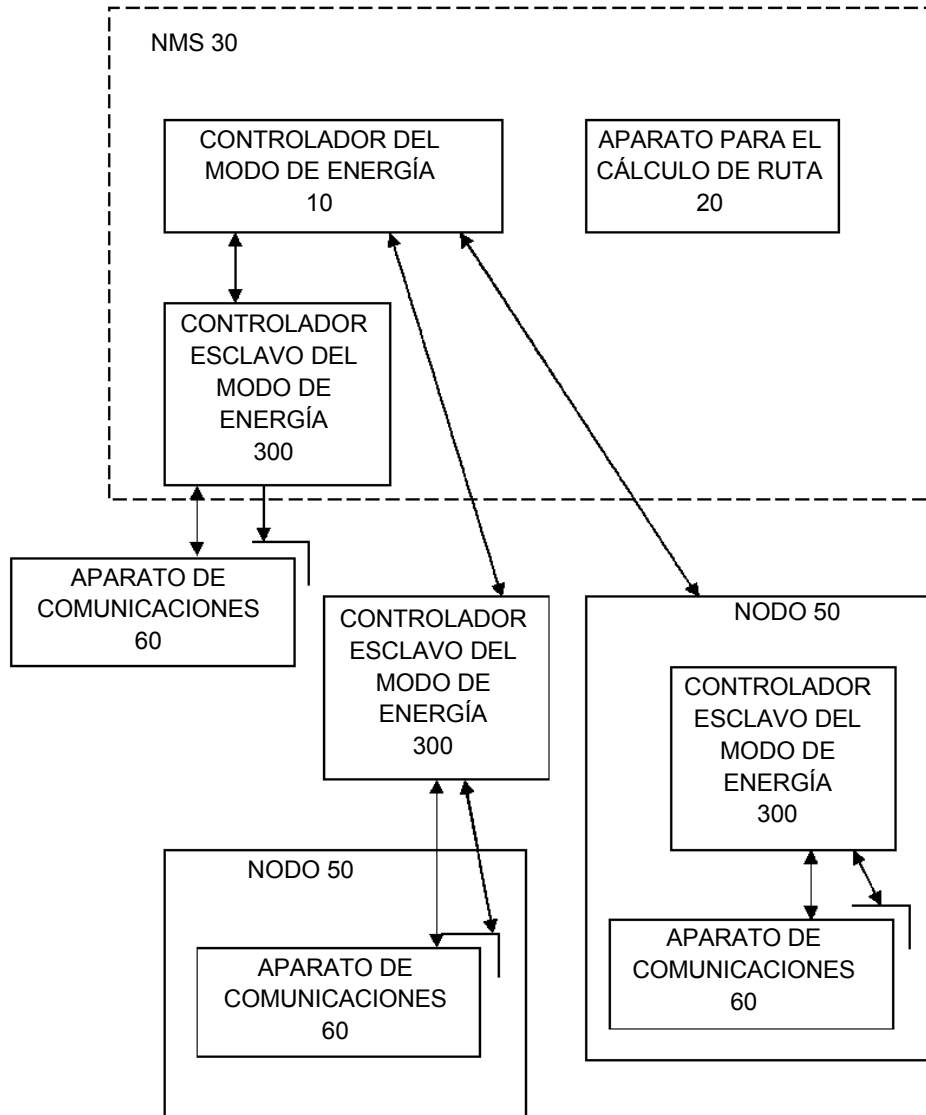


FIG 9



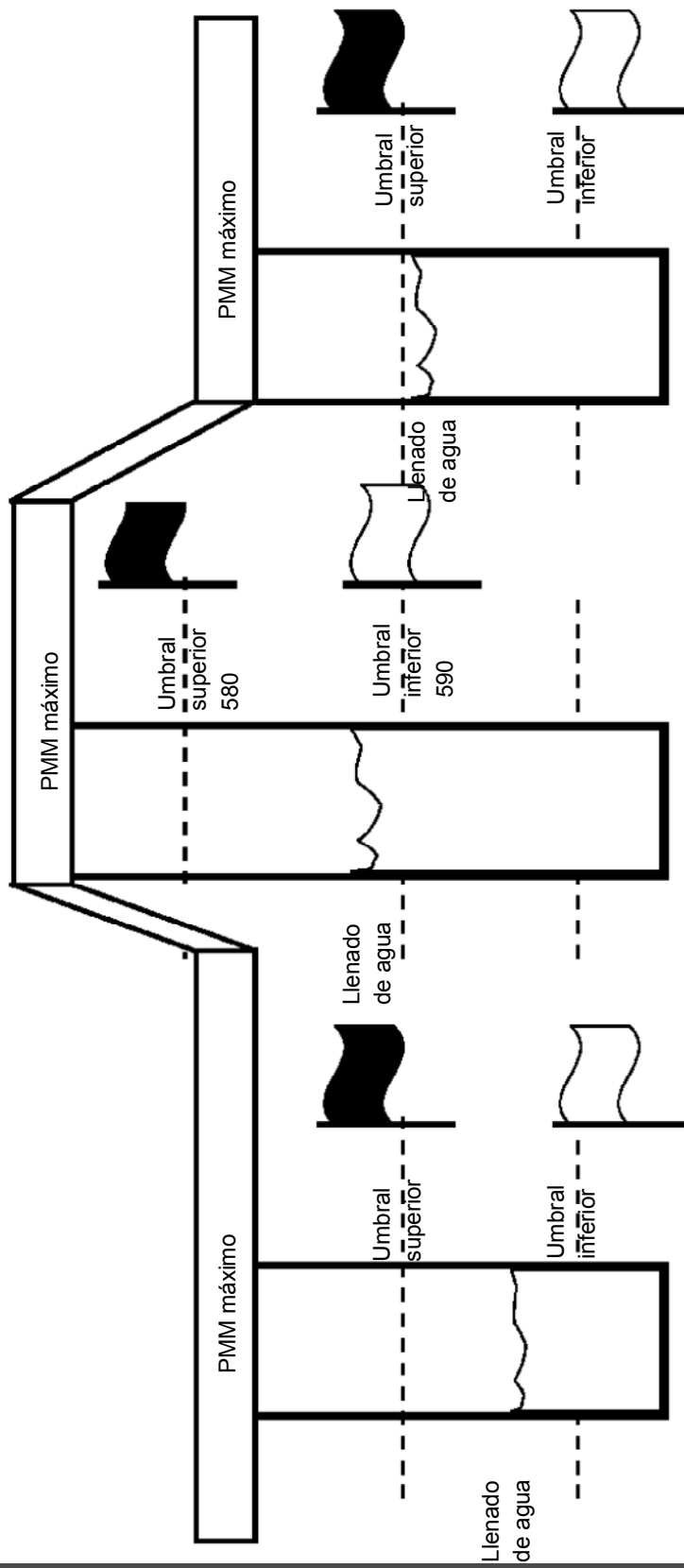


FIG 10

FIG 11

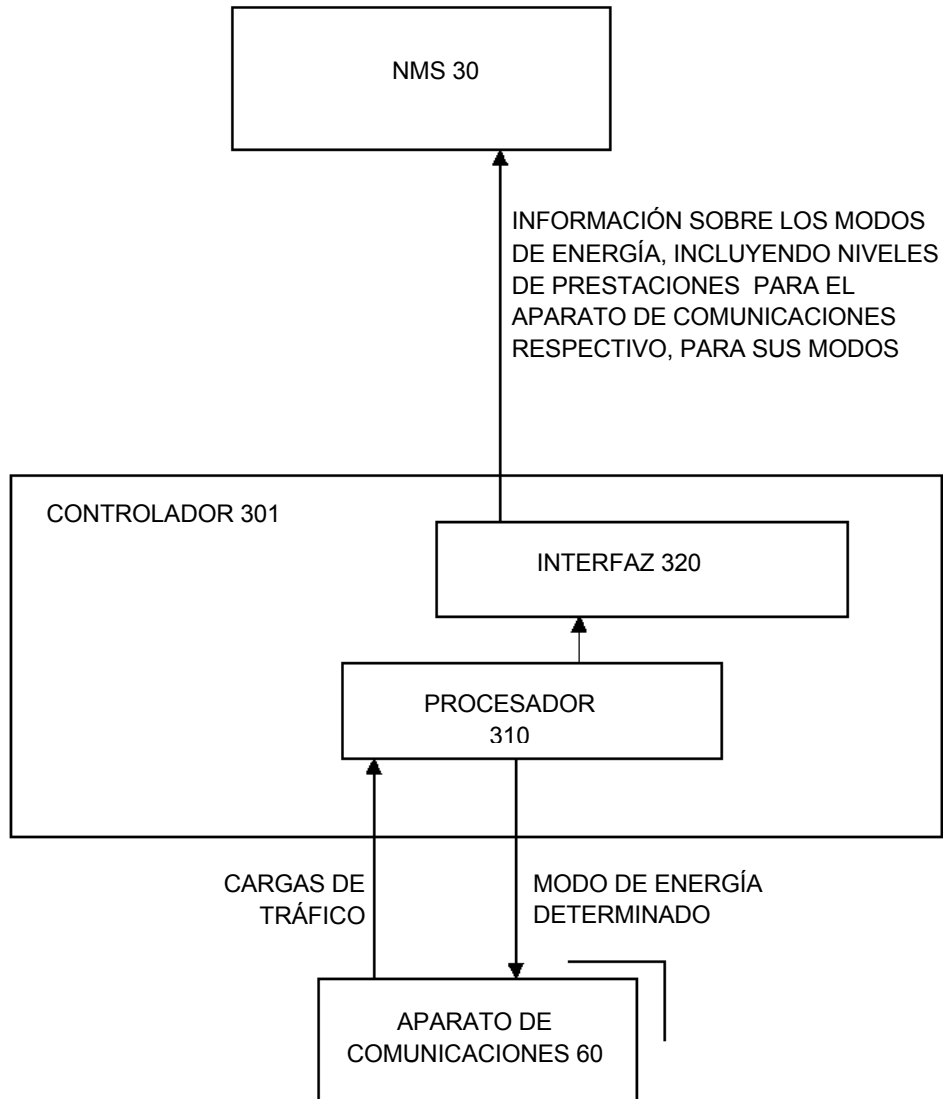
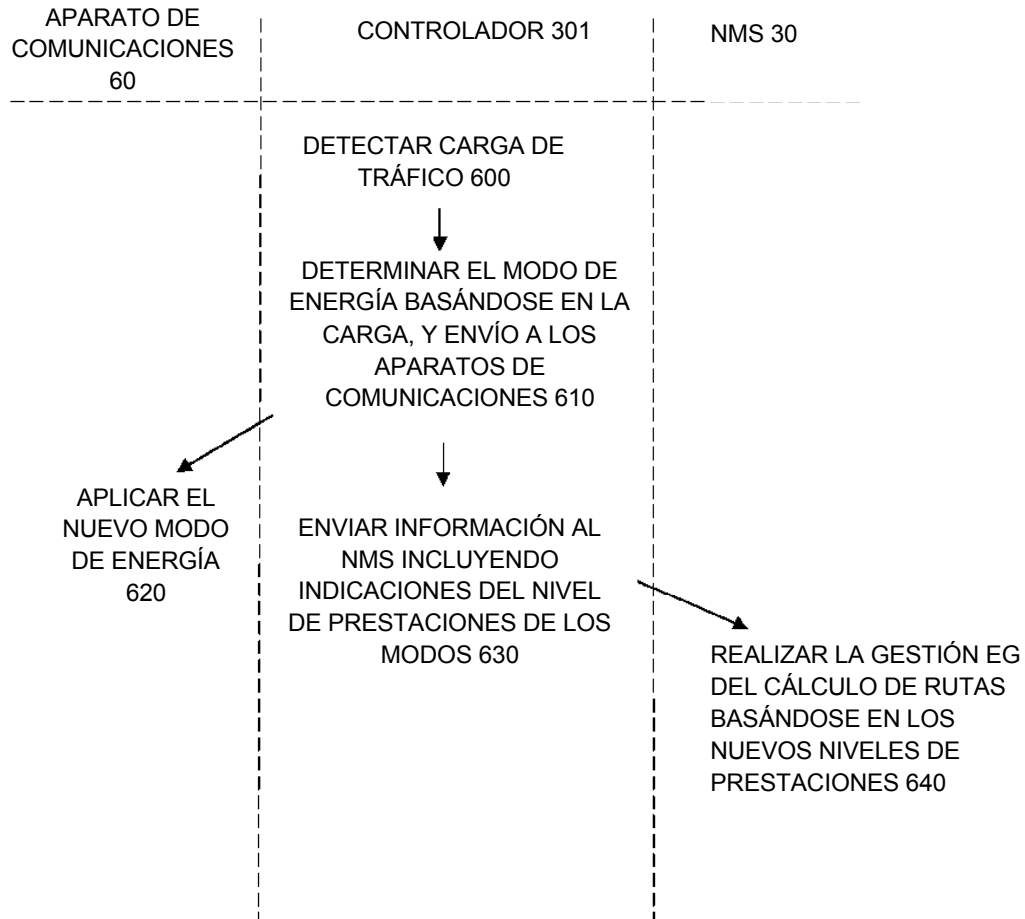
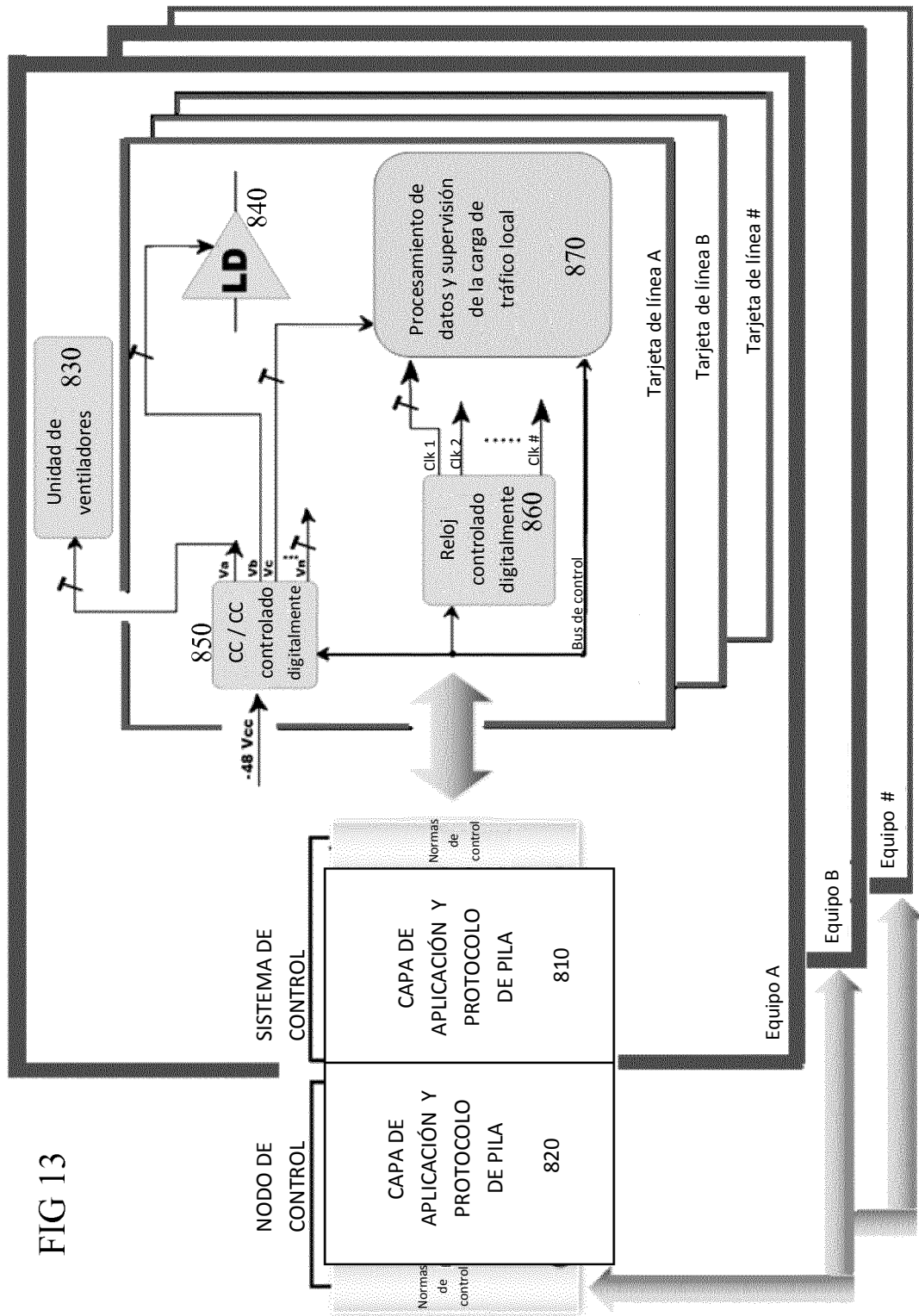


FIG 12





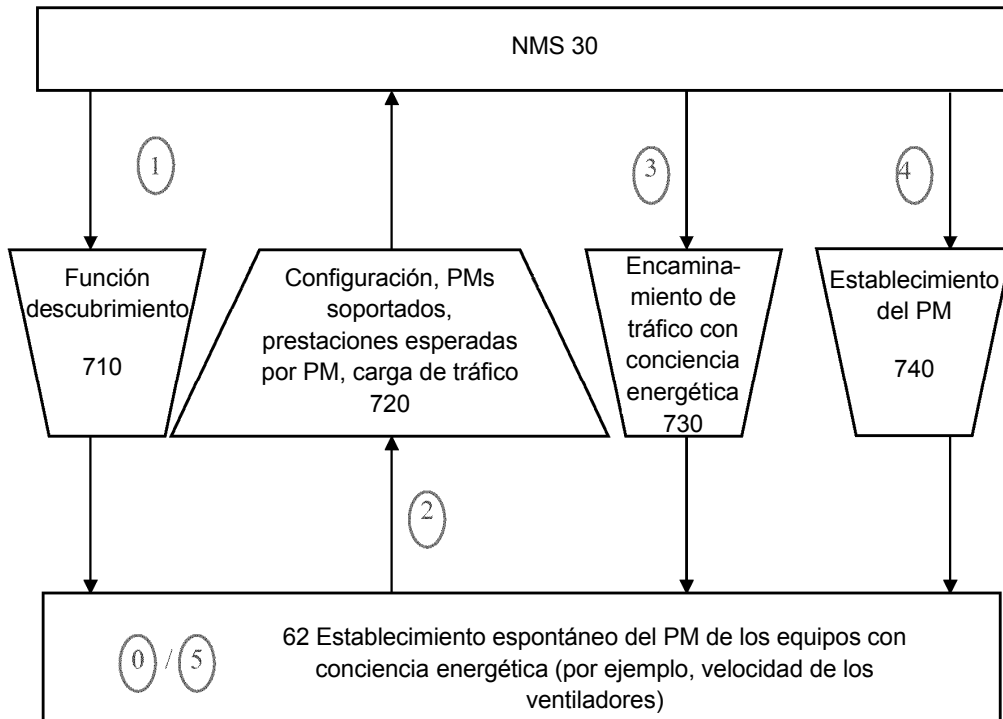


FIG 14

FIG 15

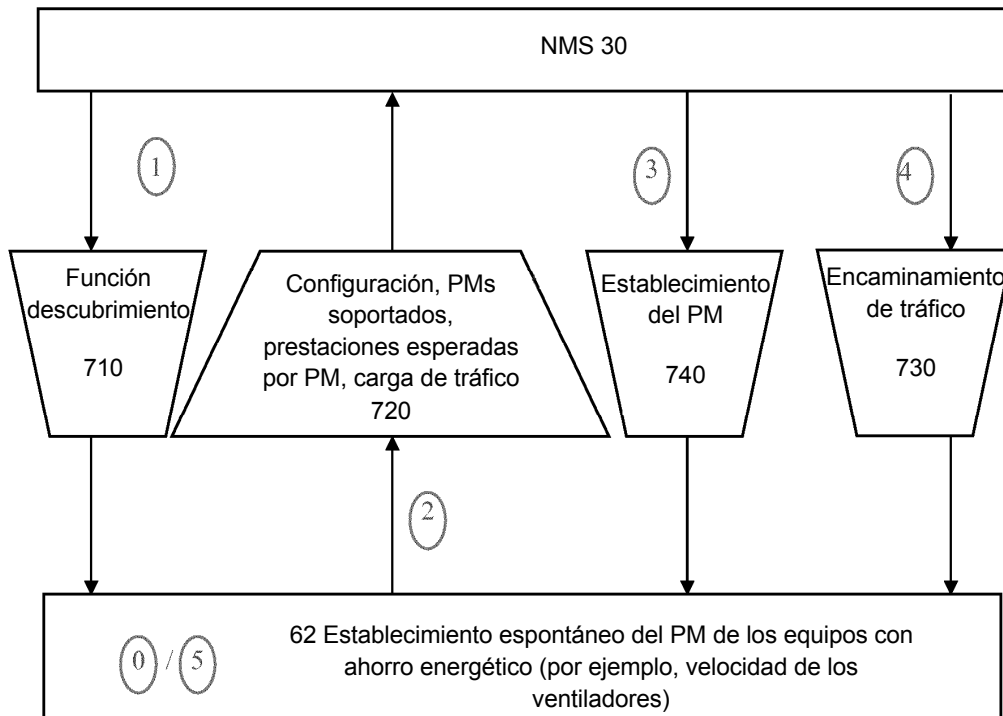
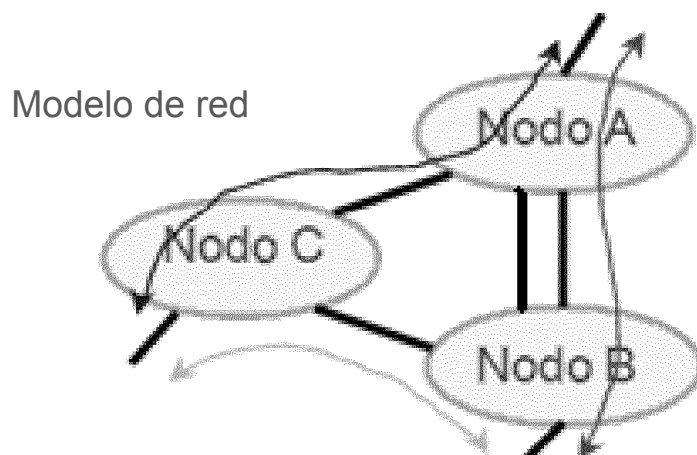


FIG 16



Modelo de red

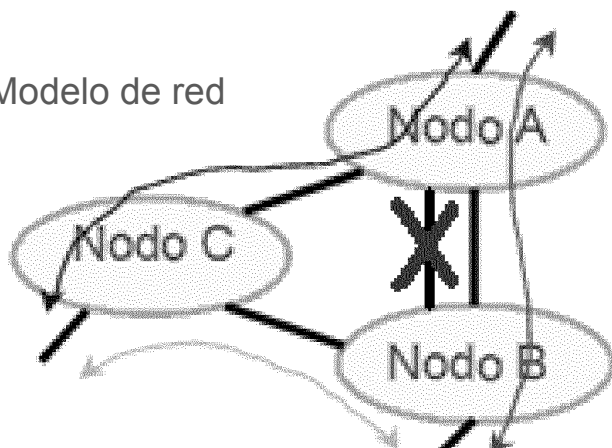


FIG 17

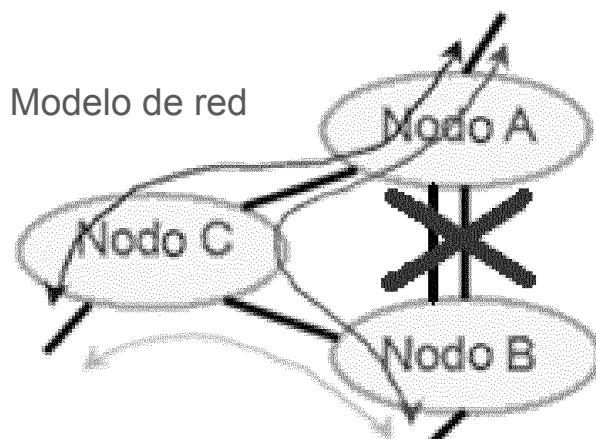


FIG 18

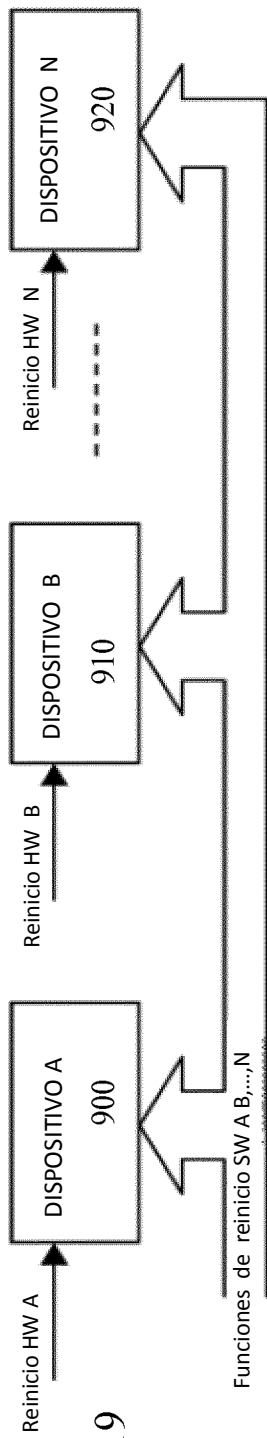


FIG 19

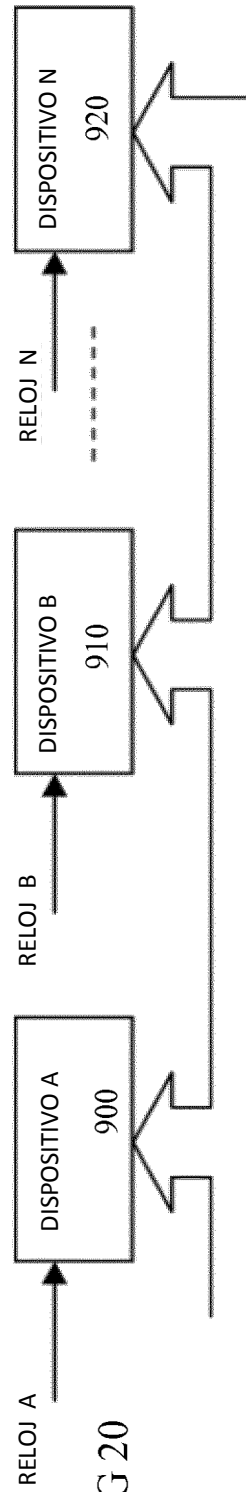


FIG 20

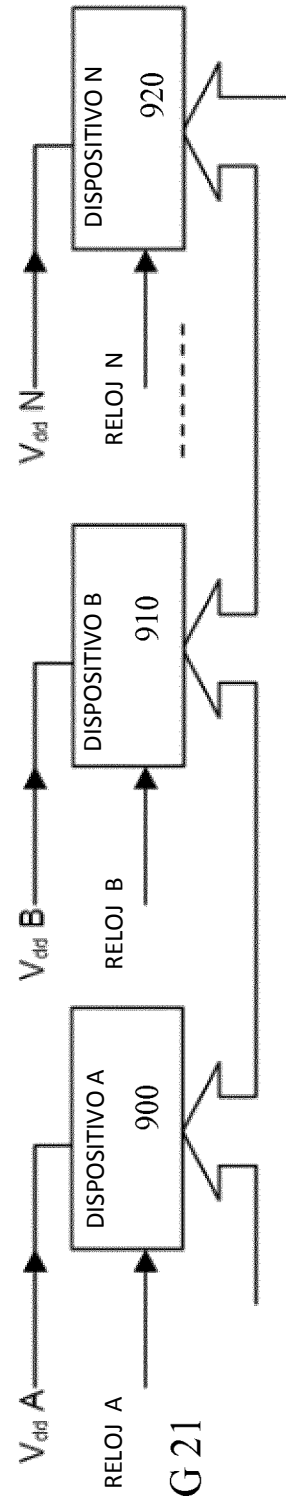


FIG 21