

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 942 488**

51 Int. Cl.:

H02J 3/14

(2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2016 PCT/US2016/065301**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17105952**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2016 E 16826496 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2023 EP 3391156**

54 Título: **Control adaptativo de sistema HVAC**

30 Prioridad:

18.12.2015 US 201562269155 P

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

01.06.2023

73 Titular/es:

**CARRIER CORPORATION (100.0%)
One Carrier Place
Farmington, Connecticut 06032, US**

72 Inventor/es:

**SIMON, EMILE y
CYCHOWSKI, MARCIN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 942 488 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 adaptativo de sistema HVAC

5 **Campo técnico**

El tema descrito en esta memoria se refiere a sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) y, más específicamente, al control de un sistema HVAC.

10 **Antecedentes**

En algunos sistemas conocidos de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), los puntos de consigna de equipo típicamente son fijos o compensados por el clima (es decir, determinados en función de la temperatura del aire exterior) sin ninguna retroalimentación de otros sistemas. Como tal, la capacidad de calefacción/refrigeración producida puede desviarse de la demanda del edificio correspondiente al nivel deseado de confort del edificio. De manera similar, la autoridad del sistema de producción y distribución de capacidad (p. ej., el esfuerzo ejercido por el sistema HVAC), que se determina a través de los flujos/presiones y temperaturas de fluidos, puede ser innecesariamente alta, por lo que una autoridad inferior podría ser suficiente para mantener el confort del edificio. Las desviaciones de capacidad y las altas autoridades, debido a su correspondiente funcionamiento ineficiente de equipos u otras pérdidas de energía, pueden resultar en un mayor consumo y coste de energía.

El documento WO 2015/077754 A1 muestra un método implementado por ordenador para usar una metodología integrada de pronóstico y optimización para determinar los valores óptimos para un sistema combinado de refrigeración, calefacción y energía (CCHP) asociado con un sitio que incluye la construcción un modelo de regresión de serie temporal para la demanda de carga de refrigeración y electricidad basado en datos históricos a largo plazo asociados con el sistema CCHP.

El documento US 2015/0045962 A1 muestra un sistema y un método para limitar el consumo de energía por un subsistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) de un edificio. Se utiliza un controlador de retroalimentación para generar una variable manipulada basada en un punto de consigna de uso de energía y un uso de energía medido. La variable manipulada se puede utilizar para ajustar el funcionamiento de un dispositivo HVAC

El documento WO 2006/034718 A1 muestra un sistema de refrigeración con una unidad de compresión y un método para controlar un sistema de refrigeración. Para facilitar un mejor control, la capacidad de la unidad de compresión se controla en función de una demanda de refrigeración futura prevista en lugar de una demanda de refrigeración determinada realmente.

El documento WO 2011/149600 A2 muestra sistemas y métodos para usar una ubicación geográfica de dispositivos electrónicos de consumo en red como indicaciones de ocupación de una estructura para ajustar automáticamente el punto de consigna de temperatura en un control termostático HVAC.

El documento US 2011/046792 A1 muestra un sistema y un método para migrar entornos virtualizados. Un sistema y un método de gestión de energía doméstica incluye una base de datos configurada para almacenar datos de informes de sitios recibidos de una pluralidad de sitios residenciales usando una red de energía doméstica inalámbrica en cada sitio. Cada sitio residencial incluye un termostato accesible a la red de energía doméstica inalámbrica. Un procesador se acopla operativamente a la base de datos y se configura para acceder a los datos del informe de sitios y detectar un punto de consigna de temperatura actual del termostato en un primer sitio residencial; detectar un primer perfil estacional del termostato; detectar un modo de funcionamiento actual de un sistema HVAC acoplado operativamente al termostato; y determinar un cronograma de termostato del termostato utilizando el primer perfil estacional y el modo de funcionamiento actual del sistema HVAC.

El documento US 2014/277769 A1 muestra un sistema que incluye un sistema de gestión de energía en funcionamiento con un termostato inteligente conectado a la red ubicado en una estructura. El termostato adquiere información diversa sobre la residencia, como una característica de retención térmica de la residencia, la capacidad de un HVAC asociado con la residencia para enfriar o calentar la residencia, la probabilidad de que la residencia esté ocupada, el clima pronosticado, un clima en tiempo real y una ocupación en tiempo real.

El documento de LEE KH ET AL: "Development of methods for determining demand-limiting setpoint trajectories in buildings using short-term measurements", BUILDING AND ENVIRONMENT, PERGAMON PRESS, OXFORD, GB, vol. 43, n.º 10, 1 de octubre de 2008, páginas 1755-1768, XP022760808 muestra enfoques para estimar variaciones de punto de consigna de temperatura de la zona del edificio que minimizan la demanda máxima de enfriamiento durante los períodos de demanda crítica. Un método de

promedio ponderado es un método basado en datos en el que se encuentra un factor de ponderación óptimo que minimiza un promedio ponderado de dos cargas y luego se utiliza para el promedio ponderado de dos trayectorias de punto de consigna límite inicial.

5 Breve descripción

Una realización de la invención es un sistema HVAC según la reivindicación 1.

10 Otras realizaciones pueden incluir que el controlador se configure para actualizar el punto de consigna adaptativo en intervalos de tiempo predeterminados.

15 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar el pronóstico de demanda comprende aplicar una técnica sin modelo a uno o más valores pasados de la demanda agregada y una demanda agregada actual.

Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar el pronóstico de demanda comprende aplicar una técnica basada en modelos para estimar un modelo del sistema HVAC y usar el modelo para estimar el pronóstico de demanda en respuesta a la demanda agregada.

20 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende (i) si el pronóstico de demanda indica una demanda creciente del espacio acondicionado, luego seleccionar una compensación de punto de consigna para aumentar la autoridad del sistema HVAC y (ii) si el pronóstico de demanda indica una demanda decreciente del espacio acondicionado, y luego selecciona una compensación de punto de consigna para disminuir la autoridad del sistema HVAC.

25 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende seleccionar la compensación de punto de consigna en respuesta a si el pronóstico de demanda está dentro de una región deseada o dentro de una distancia a un valor deseado.

30 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende ajustar la compensación de punto de consigna en un valor fijo.

35 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende el uso de una fórmula que determina un valor para ajustar la compensación de punto de consigna.

Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende el uso de un proceso de control para estabilizar el pronóstico de demanda.

40 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende determinar que el punto de consigna adaptativo supere un intervalo y volver a determinar la compensación de punto de consigna tal que el punto de consigna adaptativo resultante no supera el intervalo.

45 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde controlador se configure para filtrar el punto de consigna adaptativo antes de proporcionar el punto de consigna adaptativo al por lo menos uno de la pluralidad de componentes HVAC.

Otra realización de la invención es un método según la reivindicación 8.

50 Realizaciones adicionales pueden incluir actualizar el punto de consigna adaptativo en intervalos de tiempo predeterminados.

Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar el pronóstico de demanda comprende aplicar una técnica sin modelo a uno o más valores pasados de la demanda agregada y una demanda agregada actual.

55 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar el pronóstico de demanda comprende aplicar una técnica basada en modelos para estimar un modelo del sistema HVAC y usar el modelo para estimar el pronóstico de demanda en respuesta a la demanda agregada.

60 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende (i) si el pronóstico de demanda indica una demanda creciente del espacio acondicionado, entonces seleccionar una compensación de punto de consigna para aumentar la autoridad del sistema HVAC y (ii) si el pronóstico de demanda indica una demanda decreciente del espacio acondicionado, y entonces seleccionar una compensación de punto de consigna para disminuir la autoridad del sistema HVAC.

65

Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende seleccionar la compensación de punto de consigna en respuesta a si el pronóstico de demanda está dentro de una región deseada o dentro de una distancia a un valor deseado.

5 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende ajustar la compensación de punto de consigna en un valor fijo.

10 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende el uso de una fórmula que determina un valor para ajustar la compensación de punto de consigna.

Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende el uso de un proceso de control para estabilizar el pronóstico de demanda.

15 Realizaciones adicionales pueden incluir en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende determinar que el punto de consigna adaptativo supere un intervalo y volver a determinar la compensación de punto de consigna tal que el punto de consigna adaptativo resultante no supera el intervalo.

20 Realizaciones adicionales pueden incluir filtrar el punto de consigna adaptativo antes de proporcionar el punto de consigna adaptativo al por lo menos uno de la pluralidad de componentes HVAC.

Otra realización de la invención es un producto de programa informático según la reivindicación 15.

25 Los efectos técnicos de las realizaciones de la presente divulgación incluyen el control adaptativo de un sistema HVAC.

30 Las características y elementos anteriores pueden combinarse en diversas combinaciones sin exclusividad, salvo que se indique expresamente lo contrario. Estas características y elementos, así como su funcionamiento, se harán más evidentes a la luz de la siguiente descripción y de los dibujos adjuntos. Debe entenderse, sin embargo, que la siguiente descripción y dibujos pretenden ser de naturaleza ilustrativa y explicativa y no limitativa.

Breve descripción de los dibujos

35 Las características y ventajas anteriores y otras de realizaciones resultan evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y tomada en conjunto con los dibujos que la acompañan, en los que:

la FIG. 1 representa un sistema HVAC en una realización ejemplar;

40 la FIG. 2 representa un diagrama de control en una realización ejemplar;

la FIG. 3 representa la determinación de la demanda agregada en una realización ejemplar; y

45 la FIG. 4 es un diagrama de flujo que ilustra un método para controlar el sistema mostrado en la FIG. 1 en una realización ejemplar.

Descripción detallada

50 La FIG. 1 ilustra un sistema HVAC ejemplar 10 que generalmente incluye una planta de generación de capacidad 12, una bomba de circulación de fluido 14, un equipo de ventilación 16 y un controlador 18. El sistema HVAC 10 de la FIG. 1 es solo un ejemplo de un sistema HVAC, y se entiende que las realizaciones no se limitan a los componentes y configuraciones particulares representados en la FIG. 1. Una planta de generación de capacidad 12 acondiciona (es decir, calienta/enfría) un fluido de transferencia de calor tal como agua y suministra el fluido acondicionado a la bomba 14 a través de un conducto 20. La bomba 14 posteriormente suministra el fluido acondicionado al equipo de ventilación 16 (a través de un conducto de suministro 22) donde el fluido acondicionado se utiliza para acondicionar el aire forzado a través del equipo de ventilación 16. Luego, el aire acondicionado se usa para ajustar la temperatura de un edificio o estructura asociada con el sistema HVAC 10. A continuación, el fluido se devuelve a la planta de generación de capacidad 12 a través de un conducto de retorno 24 donde se reacondiciona el fluido. El controlador 18 se configura para coordinar el funcionamiento de la planta de generación de capacidad 12, la bomba 14 y el equipo de ventilación 16 con una demanda del edificio para reducir el consumo de energía mediante la mejora de la eficiencia del sistema. Aunque se hace referencia al sistema HVAC 10 como acondicionador de un edificio, las realizaciones pueden denominarse más generalmente como acondicionadoras de un espacio, como una habitación, un automóvil, un avión, etc.

65 La planta de generación de capacidad 12 puede ser, por ejemplo, una bomba de calor, un enfriador o una caldera. Sin embargo, la planta de generación de capacidad 12 puede ser cualquier tipo de planta de

generación de capacidad que permita que el sistema HVAC 10 funcione como se describe en esta memoria. La planta de generación de capacidad 12 se configura para calentar o enfriar un fluido de transferencia de calor (por ejemplo, agua) para facilitar el acondicionamiento ambiental de los edificios. Como tal, la planta de generación de capacidad 12 puede controlarse para ajustar selectivamente la temperatura del fluido de transferencia de calor.

5

La bomba de circulación de fluido 14 se configura para suministrar el fluido de transferencia de calor desde la planta de generación de capacidad 12 al equipo de ventilación 16. La bomba 14 puede controlarse para ajustar selectivamente la presión (o el flujo) del fluido de transferencia de calor. El equipo de ventilación 16 puede ser cualquier equipo adecuado para suministrar aire acondicionado a zonas o áreas seleccionadas del edificio. Por ejemplo, en la realización ilustrada, el equipo de ventilación 16 incluye una unidad de tratamiento de aire (AHU) 26 y una pluralidad de unidades terminales 28 conectadas mediante conductos de aire (no mostrados) a esa AHU 26. La AHU 26 se configura para recibir aire exterior y suministrar el aire exterior (a través de un conducto de suministro 30) a una o más unidades terminales 28, que acondicionan el aire y lo suministran a las zonas asociadas con la(s) unidad(es) terminal(es) respectiva(s) 28. El aire acondicionado se devuelve posteriormente a la AHU 26 a través de un conducto de retorno 32 donde puede reciclarse o expulsarse a la atmósfera. En la realización ilustrada, las unidades terminales 28 son unidades fancoil. Sin embargo, las unidades terminales 28 pueden ser cualquier equipo adecuado que permita que el sistema HVAC 10 funcione como se describe en esta memoria. Por ejemplo, las unidades terminales 28 pueden ser unidades fancoil (FCU), unidades terminales de aire (ATU), sistemas de volumen de aire variable (VAV) o incluso AHU.

10

15

20

El controlador 18 puede ser un controlador a nivel de sistema configurado para ajustar de forma adaptativa los puntos de consigna operativos de la planta de generación de capacidad 12, la bomba 14 y el equipo de ventilación 16 en función de las condiciones de carga y la demanda térmica del edificio. Por ejemplo, un punto de consigna de la planta 12 puede ser una temperatura de suministro de fluido, un punto de consigna de la bomba 14 puede ser una presión o flujo de fluido, y un punto de consigna del equipo 16 puede ser una abertura de válvula o compuerta, una velocidad de ventilador, un flujo de aire de suministro y/o punto de consigna de temperatura de ese equipo para una habitación o zona. Como se usa en esta memoria, el término controlador se refiere a un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un circuito electrónico, un procesador (compartido, dedicado o grupal) y una memoria que ejecuta uno o más programas de software o firmware, un circuito lógico combinacional y /u otros componentes adecuados que proporcionen la funcionalidad descrita.

25

30

En la realización ejemplar, el controlador 18 facilita el ajuste de los puntos de consigna de la planta de generación de capacidad 12, la bomba 14 y el equipo de ventilación 16. Se entiende que, dependiendo de la aplicación y el entorno, el controlador 18 puede ajustar de manera adaptativa una amplia variedad de puntos de consigna de un sistema HVAC, y las realizaciones no se limitan a los puntos de consigna particulares discutidos en esta memoria.

35

40

La FIG. 2 representa un diagrama de control ejecutado por el controlador 18 en una realización ejemplar. El espacio a acondicionar (por ejemplo, un edificio) se representa en 110 e incluye componentes del sistema HVAC 10. En 120, el controlador 18 determina la demanda agregada para el acondicionamiento HVAC del espacio 110. La determinación de la demanda agregada se describe con mayor detalle en este documento con referencia a la FIG. 3. En 130, el controlador 130 determina el(los) punto(s) de consigna inicial(es) en función de la demanda agregada de 120. El procesamiento en 130 puede incluir el uso de recursos estáticos tales como reglas fijas, mapas fijos, tablas de consulta, etc., junto con mediciones ambientales, tales como la temperatura del aire exterior. En 140, el controlador 18 determina un pronóstico de demanda para el espacio 110, descrito con mayor detalle en esta memoria. En 150, el controlador 18 determina una o más compensaciones de puntos de consigna. La determinación de una o más compensaciones de puntos de consigna se describe con mayor detalle en esta memoria. En 160, el controlador 18 genera punto(s) de consigna adaptativo(s) al combinar el(los) punto(s) de consigna inicial(es) de 130 con la(s) compensación(es) de punto de consigna de 150. En 160, el controlador 18 también puede determinar si los puntos de consigna adaptativos superan uno o más intervalos. Si es así, el flujo regresa a 150 para ajustar la(s) compensación(es) de punto de consigna, que luego se usan nuevamente para determinar el(los) punto(s) de consigna adaptativo en 160. Una vez que los puntos de consigna adaptativos determinados en 160 no superan uno o más intervalos, los puntos de consigna adaptativos se proporcionan a al menos un componente HVAC en el espacio 110. El controlador 18 puede ejecutar la rutina de control periódicamente (por ejemplo, cada 5 minutos).

45

50

55

60

La FIG. 3 representa la determinación de la demanda agregada, realizada en 120 de la FIG. 2, en una realización ejemplar. En 120, el controlador 18 determina la demanda agregada actual, que es la demanda total de calefacción o refrigeración térmicas requerida por el edificio/sistema servido por el componente HVAC en consideración (por ejemplo, 12, 14, 16). La demanda de construcción actual se puede determinar de diversas maneras, como se representa en 120a-120e.

65

Por ejemplo, en 120a, el controlador 18 determina la demanda actual del edificio mediante:

$$\text{Ecuación (1)} \quad \Delta T_{Frio} = \frac{NF_{Enfriamiento} \sum \Delta T_i}{N_{totFCUs}} \quad \text{o} \quad \Delta T_{Calor} = \frac{NF_{Calentamiento} \sum \Delta T_i}{N_{totFCUs}}$$

5 donde NF_{Cooling} o NF_{Heating} son el conjunto de unidades terminales 28 en demanda de refrigeración o calefacción, respectivamente, $\Delta T_i = RAT_{SP,i} - RAT_i$ es la diferencia entre el punto de consigna de temperatura de aire de sala/zona $RAT_{SP,i}$ y la temperatura de aire de sala medida RAT_i (donde i se refiere al número de la unidad terminal), y $N_{totFCUs}$ es el número total de unidades terminales 28 que se conectan al componente HVAC, y reciben servicio de este, (es decir, el número fijo de unidades terminales 28, que siempre es mayor o igual al número de unidades 28 actualmente en demanda de calefacción o refrigeración).

10

En 120b, el controlador 18 determina la demanda actual del edificio mediante:

$$\text{Ecuación (2)} \quad \Delta T_{Frio} = \frac{NF_{Enfriamiento} \sum V_i \Delta T_i}{N_{tot}} \quad \text{o} \quad \Delta T_{Calor} = \frac{NF_{Calentamiento} \sum V_i \Delta T_i}{N_{tot}}$$

15 donde la demanda actual del edificio se calcula igual que en la Ecuación (1), excepto donde los ΔT_i se ponderan según un factor de tamaño V_i para cada unidad terminal 28 (zona). Estos factores de ponderación V_i pueden ser, por ejemplo, la capacidad nominal unitaria, el área o el volumen de la zona que recibe servicio de la unidad terminal 28, o una medida de prioridad elegida por el propietario del edificio. La medida V_{tot} es la suma de todos los factores de ponderación sobre todas las unidades terminales 28 relevantes instaladas en el edificio/sistema 10 (es decir, conectadas al componente HVAC que se coordina con estas unidades terminales 28). Para los casos particulares donde V_i es igual a 1, o el área de la zona o el volumen de la zona que recibe servicio de esa unidad terminal 28, entonces V_{tot} es igual al número total de unidades terminales 28 instaladas, o la superficie total del edificio o volumen que recibe servicio (a través de las unidades terminales) por el componente HVAC coordinado, respectivamente.

20

25 En 120c, el controlador 18 determina la demanda actual del edificio utilizando la Ecuación (2), pero donde ΔT_i se sustituye por otra medida relevante de la demanda de la unidad terminal 28 (en el modo de calefacción/refrigeración relevante). Todas las señales medidas en la unidad terminal 28 podrían aprovecharse potencialmente para determinar su demanda. En particular, dicho valor de demanda puede ser: velocidad(es) de ventilador(es), apertura(s) de válvula(s) o compuerta(s), uso de calentador(es) eléctrico(s) de la unidad terminal, temperatura(s) del aire que entra o sale de la unidad, una medida de la(s) capacidad(es) o potencia utilizada por la unidad terminal, una medida de temperaturas y flujos de fluidos a través de la unidad, o una combinación de los mismos.

30

35 En 120d, el controlador 18 determina la demanda actual del edificio utilizando mediciones del componente HVAC (por ejemplo, planta 12, bomba 14, equipo 16) además o en lugar de las mediciones de la unidad terminal en las etapas 120a-120c. Tales mediciones del componente HVAC puede ser: la velocidad(es) de ventilador(es), la apertura(s) de válvula(s) o compuerta(s), el uso de calentador(es) eléctrico(s) de la unidad terminal, la temperatura(s) del aire que entra o sale de la unidad, la medida de la(s) capacidad(es) o potencia utilizada por la unidad terminal, la medida de temperaturas y flujos de fluidos a través de la unidad, o una combinación de los mismos.

40

En 120e, el controlador 18 determina la demanda actual del edificio mediante una combinación de uno o más de las etapas 120a-120d. La demanda agregada derivada en 120 se usa luego en 130 y 140, como se muestra en la FIG. 2.

45

Haciendo referencia a la FIG. 2, el controlador 18 usa la demanda agregada derivada en 120 para determinar los puntos de consigna iniciales en 130. El procesamiento en 130 puede incluir el uso de recursos estáticos tales como reglas fijas, mapas fijos, tablas de consulta, etc., que convierten la demanda agregada de 120 a uno o más puntos de consigna iniciales.

50

En 140, el controlador 18 también usa la demanda agregada derivada en 120 para determinar un pronóstico de demanda para el espacio 110. En una realización, el controlador 18 determina el pronóstico de demanda utilizando una técnica sin modelo, tal como una interpolación lineal o regresión de uno o varios valores pasados de la demanda agregada y un valor actual de la demanda agregada. En otra realización, el controlador 18 determina el pronóstico de demanda usando una determinación basada en modelos. La determinación basada en modelos incluye primero estimar un modelo dinámico del sistema a través de técnicas de estimación del sistema y datos del funcionamiento pasado del sistema. Una vez que se ha

55

estimado este modelo, este modelo y los valores de entrada del modelo actual y pasado se pueden usar para estimar el pronóstico de demanda en respuesta a la demanda agregada derivada en 120.

5 En 150, el controlador 18 determina una o más compensaciones de puntos de consigna. Cuando el controlador 18 comienza a funcionar por primera vez, el (las) compensación(es) de punto de consigna se inicializan a cero. La(s) compensación(es) de punto de consigna se actualiza(n) continuamente a partir de un valor anterior de la(s) compensación(es) de punto de consigna. En una realización, si el pronóstico de demanda de 140 indica una mayor demanda (p. ej., mayor autoridad) del espacio acondicionado 110 (p. ej., una necesidad de más enfriamiento), entonces se selecciona(n) la(s) compensación(es) de punto de consigna para aumentar la autoridad del sistema HVAC (por ejemplo, bajar la temperatura del enfriador y/o subir la presión de bomba). Si el pronóstico de demanda de 140 indica una disminución de la demanda (p. ej., disminución de la autoridad) del espacio acondicionado 110 (p. ej., cumplimiento o superación del enfriamiento deseado), entonces se selecciona(n) la(s) compensación(es) de punto de consigna para disminuir la autoridad del sistema HVAC (p. ej., elevar la temperatura del enfriador y/o disminuir la presión de bomba). En otra realización, el (los) compensación(es) de punto de consigna se pueden seleccionar en función de una región en la que la (s) demanda (s) actual o pronosticada debe estar o una distancia entre el (los) pronóstico(s) de demanda y el (los) valor(es) deseado(s). El controlador 18 puede entonces aumentar o disminuir la(s) compensación(es) de punto de consigna manteniendo la demanda HVAC dentro de la región deseada o dentro de una distancia entre el(los) pronóstico(s) de demanda y el(los) valor(es) deseado(s).
20 Ambas técnicas también pueden usarse en conjunto.

El controlador 18, una vez que determina si aumentar o disminuir la(s) compensación(es) de punto de consigna, también determina una cantidad por la que aumentar o disminuir la(s) compensación(es) de punto de consigna. En una realización, la(s) compensación(es) de punto de consigna se ajustan en función de valores fijos (tales como 1 °C o 10 kPa). En otra realización, el controlador 18 determina un valor para la(s) compensación(es) de punto de consigna utilizando una fórmula que involucra los valores actuales, pasados y pronosticados de la demanda del edificio. En incluso otra realización, el controlador 18 determina un valor para la(s) compensación(es) de punto de consigna usando un proceso de control existente (por ejemplo, control PID), de manera que la demanda actual se estabiliza alrededor de un punto de consigna dado.
30

El controlador 18 también puede ajustar la(s) compensación(es) de punto de consigna en función de la retroalimentación de 160. Si un punto de consigna adaptativo (es decir, la combinación de un punto de consigna inicial y una compensación de punto de consigna) supere un intervalo, entonces el controlador 18 volverá a determinar la compensación de punto de consigna en 150. Esto se muestra en la FIG. 2 como una línea de retroalimentación discontinua de 160 a 150. El controlador 18 ajusta retroactivamente la(s) compensación(es) actual(es) de punto de consigna de manera que el(los) punto(s) de consigna adaptativo(s) en 160 caiga(n) en el(los) intervalo(s) dado(s) deseado(s). Los intervalos generalmente dependen de las especificaciones de equipos o se definen por el usuario. Además, los intervalos se pueden variar (hacerse más grandes o más estrechos) dependiendo de las señales de referencia elegidas adecuadamente (como la temperatura exterior o la demanda agregada).
40

En 160, el controlador 18 combina el(los) punto(s) de consigna inicial(es) 130 con la(s) compensación(es) de punto de consigna de 150 para obtener el(los) punto(s) de consigna adaptativo(s). Como se ha indicado anteriormente, en 160 el controlador 18 también puede comparar los puntos de consigna adaptativos con uno o más intervalos y generar una señal de error si los puntos de consigna adaptativos superan uno o más intervalos. Las compensaciones de punto de consigna se vuelven a determinar en 150, lo que da como resultado 160 en los puntos de consigna adaptativos que caen dentro de los intervalos deseados. En otra realización, los puntos de consigna adaptativos pueden procesarse a través de un filtro dinámico antes de enviarse al equipo HVAC (tal como un filtro de paso bajo que rechaza las variaciones rápidas no deseadas de los puntos de consigna).
50

La FIG. 4 representa el procesamiento del controlador 18 en un formato de diagrama de flujo, en una realización ejemplar. Elementos de la FIG. 4 son similares a los de la FIG. 2, y se emplean números de referencia similares. El espacio a acondicionar se representa en 110. En 120, el controlador 18 determina la demanda agregada para el acondicionamiento HVAC del espacio 110. En 130, el controlador 130 determina uno o varios puntos de consigna iniciales en función de la demanda agregada de 120. El procesamiento en 130 puede incluir el uso de recursos estáticos tales como reglas fijas, mapas fijos, tablas de consulta, etc. En 140, el controlador 18 determina un pronóstico de demanda para el espacio 110. En 150, el controlador 18 determina una o más compensaciones de puntos de consigna. El procesamiento en 150 puede incluir determinar si aumentar o disminuir la compensación de punto de consigna en 151, determinar la cantidad o amplitud del cambio en la(s) compensación(es) de punto de consigna en 152 y/o ajustar la(s) compensación(es) de punto de consigna en 153.
60

En 160, el controlador 18 genera punto(s) de consigna adaptativo(s) al combinar el(los) punto(s) de consigna inicial(es) de 130 con la(s) compensación(es) de punto de consigna de 150. En 160, el controlador 18 también puede determinar si los puntos de consigna adaptativos superan uno o más intervalos. El
65

procesamiento en 160 puede incluir la combinación de punto(s) de consigna inicial(es) 130 con la(s) compensación(es) de puntos de consigna en 161, la limitación de las compensaciones de puntos de consigna si los puntos de consigna adaptativos superan uno o más intervalos en 162 y el filtrado de los puntos de consigna adaptativos en 163.

5

Las realizaciones descritas en esta memoria proporcionan un sistema de control y un método que permiten ajustar adaptativamente los puntos de consigna de HVAC para satisfacer las demandas de confort y reducir el consumo de energía. Unas realizaciones equilibran el consumo de energía y el confort, de manera que impulsan el comportamiento del sistema (incluidos tanto el espacio acondicionado 110 como el sistema HVAC 10) para pasar periódicamente por estados en los que el confort no se puede mejorar sin aumentar el uso de energía, o el uso de energía no se puede disminuir sin disminuir el confort.

10

Para cualquier sistema HVAC dado, las realizaciones actuales se pueden utilizar una o varias veces, para controlar uno o varios equipos del sistema, por separado o simultáneamente. Por supuesto, cada una de estas diferentes aplicaciones puede aprovechar diferentes realizaciones de la divulgación actual, y estas diferentes aplicaciones pueden tener etapas comunes o, de otro modo, aprovecharse entre sí.

15

Como se ha descrito anteriormente, las realizaciones ejemplares pueden adoptar la forma de procesos y dispositivos implementados por un procesador para poner en práctica esos procesos, tal como un procesador del controlador 18. Las realizaciones ejemplares también pueden adoptar la forma de código de programa informático que contiene instrucciones materializadas en medios tangibles, tales como disquetes, CD ROM, discos duros o cualquier otro medio de almacenamiento legible por ordenador, en donde, cuando se carga y ejecuta el código de programa informático en un ordenador, el ordenador se convierte en un dispositivo para poner en práctica las realizaciones. Las realizaciones ejemplares también pueden adoptar la forma de código de programa informático, por ejemplo, almacenado en un medio de almacenamiento, cargado y/o ejecutado por un ordenador, o transmitido por medio de algún medio de transmisión, cargado y/o ejecutado por un ordenador, o transmitido a través de algún medio de transmisión, tal como cableado o por la instalación eléctrica, fibra óptica o radiación electromagnética, en donde, cuando el código del programa de informático se carga y ejecuta en un ordenador, el ordenador se convierte en un dispositivo para poner en práctica las realizaciones ejemplares. Cuando se implementan en un microprocesador de propósito general, los segmentos de código de programa informático configuran el microprocesador para crear circuitos lógicos específicos.

20

25

30

REIVINDICACIONES

1. Un sistema HVAC (10) que tiene una pluralidad de componentes HVAC, una o más unidades terminales (28) y un sistema de control, comprendiendo el sistema de control:

un controlador (18) que tiene un procesador y una memoria, el controlador (18) en comunicación de señales con al menos uno de la pluralidad de componentes HVAC, el controlador (18) configurado para:

determinar una demanda agregada del sistema HVAC (10), en donde la demanda agregada es una demanda total de calefacción o refrigeración térmicas requerida por un edificio o un sistema que recibe servicio del sistema HVAC (10);

determinar un punto de consigna inicial en respuesta a la demanda agregada;

determinar un pronóstico de demanda en respuesta a la demanda agregada;

determinar una compensación de punto de consigna en respuesta al pronóstico de demanda;

generar un punto de consigna adaptativo al combinar el punto de consigna inicial y la compensación de punto de consigna; y

proporcionar el punto de consigna adaptativo al por lo menos uno de la pluralidad de componentes HVAC;

caracterizado por que la demanda agregada se determina por

$$\Delta T_{Frío} = \frac{N F_{Enfriamiento}}{\sum V_i \Delta T_i} \quad o \quad \Delta T_{Calor} = \frac{N F_{Calentamiento}}{\sum V_i \Delta T_i} \quad N_{tot}$$

donde $\Delta T_i = RAT_{SP,i} - RAT_i$ es la diferencia entre el punto de consigna de temperatura de aire de la habitación/zona $RAT_{SP,i}$ y la temperatura de aire de habitación medida RAT_i (donde i se refiere al número de la unidad terminal), donde los ΔT_i se ponderan según un factor de tamaño V_i para cada unidad terminal (28), en donde los factores de ponderación V_i son uno o más de una capacidad nominal unitaria, un área o un volumen de una zona que recibe servicio de la unidad terminal (28), o una medida de prioridad elegida por el propietario del edificio; y en donde la medida de V_{tot} es la suma de todos los factores de ponderación sobre todas las unidades terminales (28) instaladas en el sistema HVAC (10).

2. El sistema HVAC de la reivindicación 1, en donde el controlador (18) se configura para actualizar el punto de consigna adaptativo a intervalos de tiempo predeterminados.

3. El sistema HVAC de la reivindicación 1 o 2, en donde determinar el pronóstico de demanda comprende aplicar una técnica sin modelo a uno o más valores pasados de la demanda agregada y una demanda agregada actual.

4. El sistema HVAC de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde determinar el pronóstico de demanda comprende aplicar una técnica basada en modelos para estimar un modelo del sistema HVAC (10) y usar el modelo para estimar el pronóstico de demanda en respuesta a la demanda agregada.

5. El sistema HVAC de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende (i) si el pronóstico de demanda indica una demanda creciente del espacio acondicionado (110), entonces seleccionar una compensación de punto de consigna para aumentar la autoridad del sistema HVAC (10) y (ii) si el pronóstico de demanda indica una demanda decreciente del espacio acondicionado (110), y entonces seleccionar una compensación de punto de consigna para disminuir la autoridad del sistema HVAC (10); o

en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende seleccionar la compensación de punto de consigna en respuesta a si el pronóstico de demanda está dentro de una región deseada o dentro de una distancia a un valor deseado; o

en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende ajustar la compensación de punto de consigna en un valor fijo; o

en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende usar una fórmula que determina un valor para ajustar la compensación de punto de consigna; o

5 en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende utilizar un proceso de control para estabilizar el pronóstico de demanda.

6. El sistema HVAC de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende determinar que el punto de consigna adaptativo supere un intervalo y volver a determinar la compensación de punto de consigna tal que el punto de consigna adaptativo resultante no supera el intervalo.

7. El sistema HVAC de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el controlador (18) se configura para filtrar el punto de consigna adaptativo antes de proporcionar el punto de consigna adaptativo al por lo menos uno de la pluralidad de componentes HVAC.

8. Un método para controlar un sistema HVAC (10) que tiene una pluralidad de componentes HVAC, una o más unidades terminales (28) y un sistema de control en comunicación de señales con la pluralidad de componentes HVAC, comprendiendo el método:

20 determinar una demanda agregada del sistema HVAC (10), en donde la demanda agregada es una demanda total de calefacción o refrigeración térmicas requerida por un edificio o un sistema que recibe servicio del sistema HVAC (10);

determinar un punto de consigna inicial en respuesta a la demanda agregada;

25 determinar un pronóstico de demanda en respuesta a la demanda agregada;

determinar una compensación de punto de consigna en respuesta al pronóstico de demanda;

30 generar un punto de consigna adaptativo al combinar el punto de consigna inicial y la compensación de punto de consigna; y

proporcionar el punto de consigna adaptativo al por lo menos uno de la pluralidad de componentes HVAC;

35 caracterizado por que la demanda agregada se determina por

$$\Delta T_{Frío} = \frac{NF_{Enfriamiento} \sum V_i \Delta T_i}{N_{tot}} \quad o \quad \Delta T_{Calor} = \frac{NF_{Calentamiento} \sum V_i \Delta T_i}{N_{tot}}$$

40 donde $\Delta T_i = RAT_{SP,i} - RAT_i$ es la diferencia entre el punto de consigna de temperatura de aire de la habitación/zona $RAT_{SP,i}$ y la temperatura de aire de habitación medida RAT_i (donde i se refiere al número de la unidad terminal), donde los ΔT_i se ponderan según un factor de tamaño V_i para cada unidad terminal (28), en donde los factores de ponderación V_i son uno o más de una capacidad nominal unitaria, un área o un volumen de una zona que recibe servicio de la unidad terminal (28), o una medida de prioridad elegida por el propietario del edificio; y en donde la medida de N_{tot} es la suma de todos los factores de ponderación sobre todas las unidades terminales (28) instaladas en el sistema HVAC (10).

45 9. El método de la reivindicación 8, que comprende además actualizar el punto de consigna adaptativo a intervalos de tiempo predeterminados.

10. El método de la reivindicación 8 o 9, en donde determinar el pronóstico de demanda comprende aplicar una técnica sin modelo a uno o más valores pasados de la demanda agregada y una demanda agregada actual.

11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde determinar el pronóstico de demanda comprende aplicar una técnica basada en modelos para estimar un modelo del sistema HVAC (10) y usar el modelo para estimar el pronóstico de demanda en respuesta a la demanda agregada.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende (i) si el pronóstico de demanda indica una demanda creciente del espacio acondicionado (110), entonces seleccionar una compensación de punto de consigna para aumentar la autoridad del sistema HVAC (10) y (ii) si el pronóstico de demanda indica una demanda decreciente del espacio acondicionado (110), y entonces seleccionar una compensación de punto de consigna para disminuir la autoridad del sistema HVAC (10); o

- en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende seleccionar la compensación de punto de consigna en respuesta a si el pronóstico de demanda está dentro de una región deseada o dentro de una distancia a un valor deseado; o
- 5 en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende ajustar la compensación de punto de consigna en un valor fijo; o
- 10 en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende usar una fórmula que determina un valor para ajustar la compensación de punto de consigna; o
- en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende utilizar un proceso de control para estabilizar el pronóstico de demanda.
- 15 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en donde determinar la compensación de punto de consigna comprende determinar que el punto de consigna adaptativo supere un intervalo y volver a determinar la compensación de punto de consigna tal que el punto de consigna adaptativo resultante no supera el intervalo.
- 20 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, que comprende además filtrar el punto de consigna adaptativo antes de proporcionar el punto de consigna adaptativo al por lo menos uno de la pluralidad de componentes HVAC.
- 25 15. Un producto de programa informático materializado tangiblemente en un medio legible por ordenador, el producto de programa informático incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador realice operaciones que comprenden:
- 30 determinar una demanda agregada del sistema HVAC (10), en donde la demanda agregada es una demanda total de calefacción o refrigeración térmicas requerida por un edificio o un sistema que recibe servicio del sistema HVAC (10);
- determinar un punto de consigna inicial en respuesta a la demanda agregada;
- determinar un pronóstico de demanda en respuesta a la demanda agregada;
- 35 determinar una compensación de punto de consigna en respuesta al pronóstico de demanda;
- generar un punto de consigna adaptativo al combinar el punto de consigna inicial y la compensación de punto de consigna; y
- 40 proporcionar el punto de consigna adaptativo al por lo menos uno de la pluralidad de componentes HVAC;
- caracterizado por que la demanda agregada se determina por
- $$\Delta T_{Frío} = \frac{NF_{Enfriamiento} \sum V_i \Delta T_i}{N_{tot}} \quad o \quad \Delta T_{Calor} = \frac{NF_{Calentamiento} \sum V_i \Delta T_i}{N_{tot}}$$
- 45 donde $\Delta T_i = RAT_{SP,i} - RAT_i$ es la diferencia entre el punto de consigna de temperatura de aire de la habitación/zona $RAT_{SP,i}$ y la temperatura de aire de habitación medida RAT_i (donde i se refiere al número de la unidad terminal), donde los ΔT_i se ponderan según un factor de ponderación V_i para cada unidad terminal (28), en donde los factores de ponderación V_i son uno o más de una capacidad nominal unitaria, un área o un volumen de una zona que recibe servicio de la unidad terminal (28), o una medida de prioridad elegida por
- 50 el propietario del edificio; y en donde la medida de V_{tot} es la suma de todos los factores de ponderación sobre todas las unidades terminales (28) instaladas en el sistema HVAC (10).

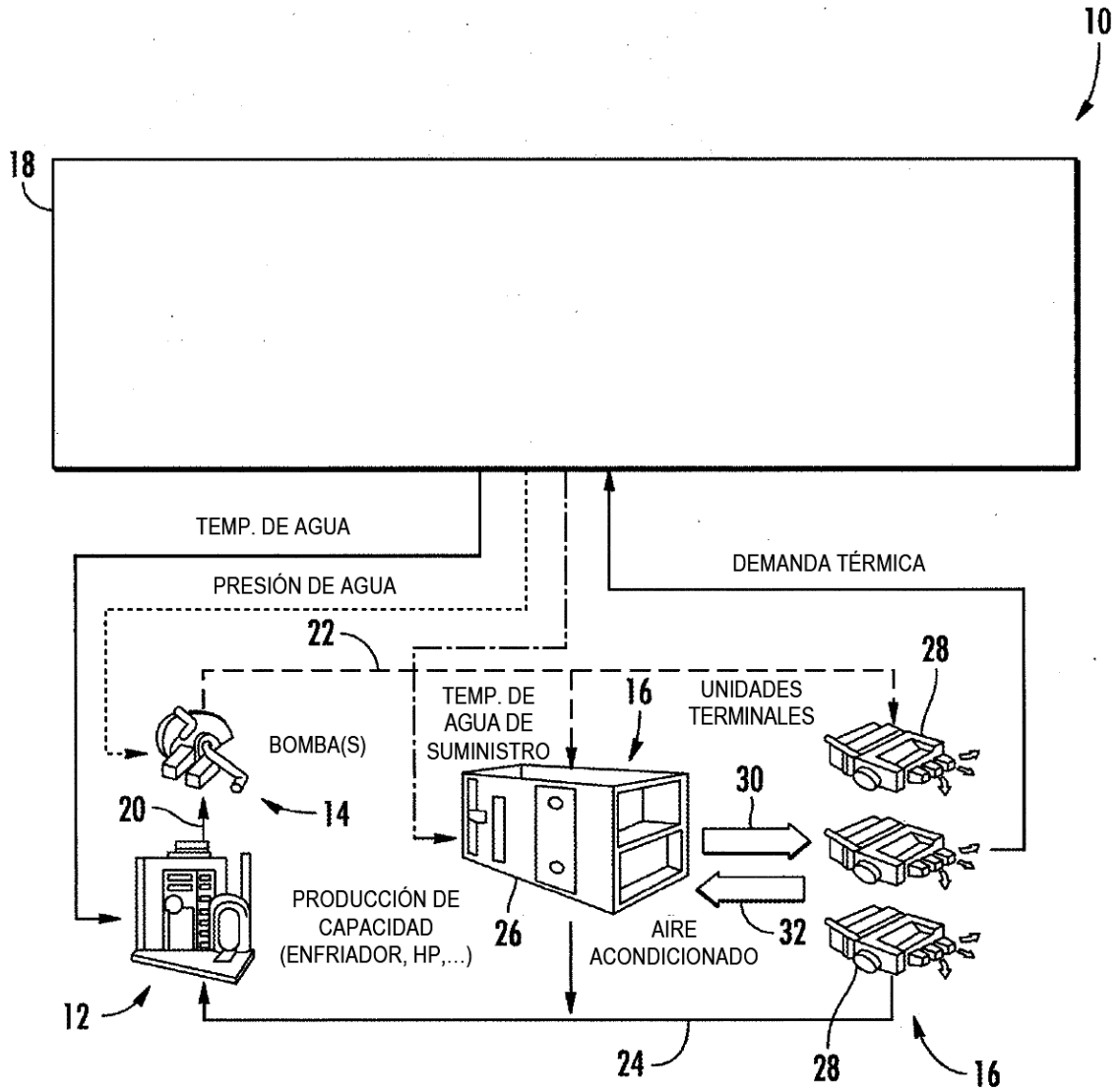


FIG. 1

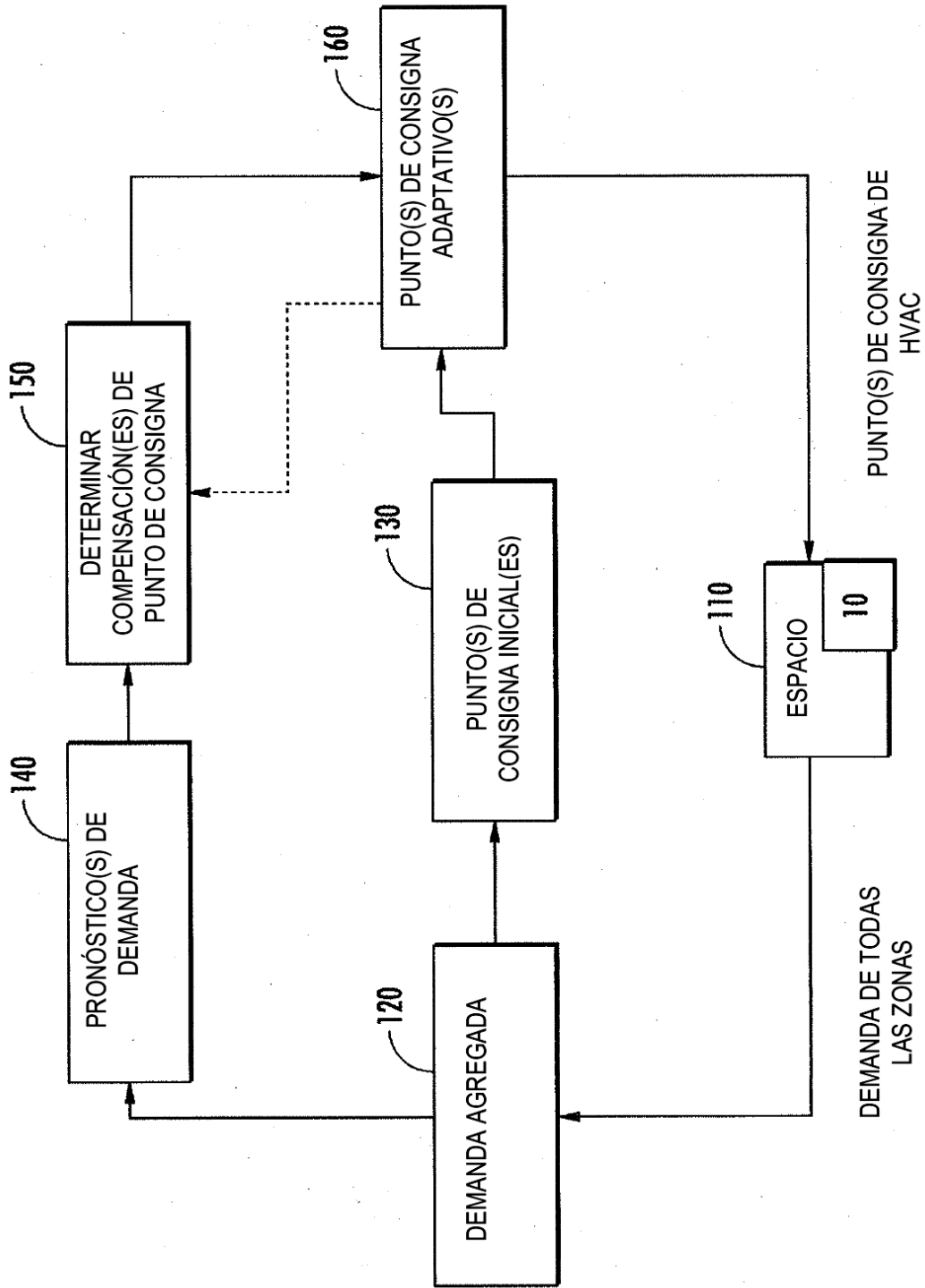
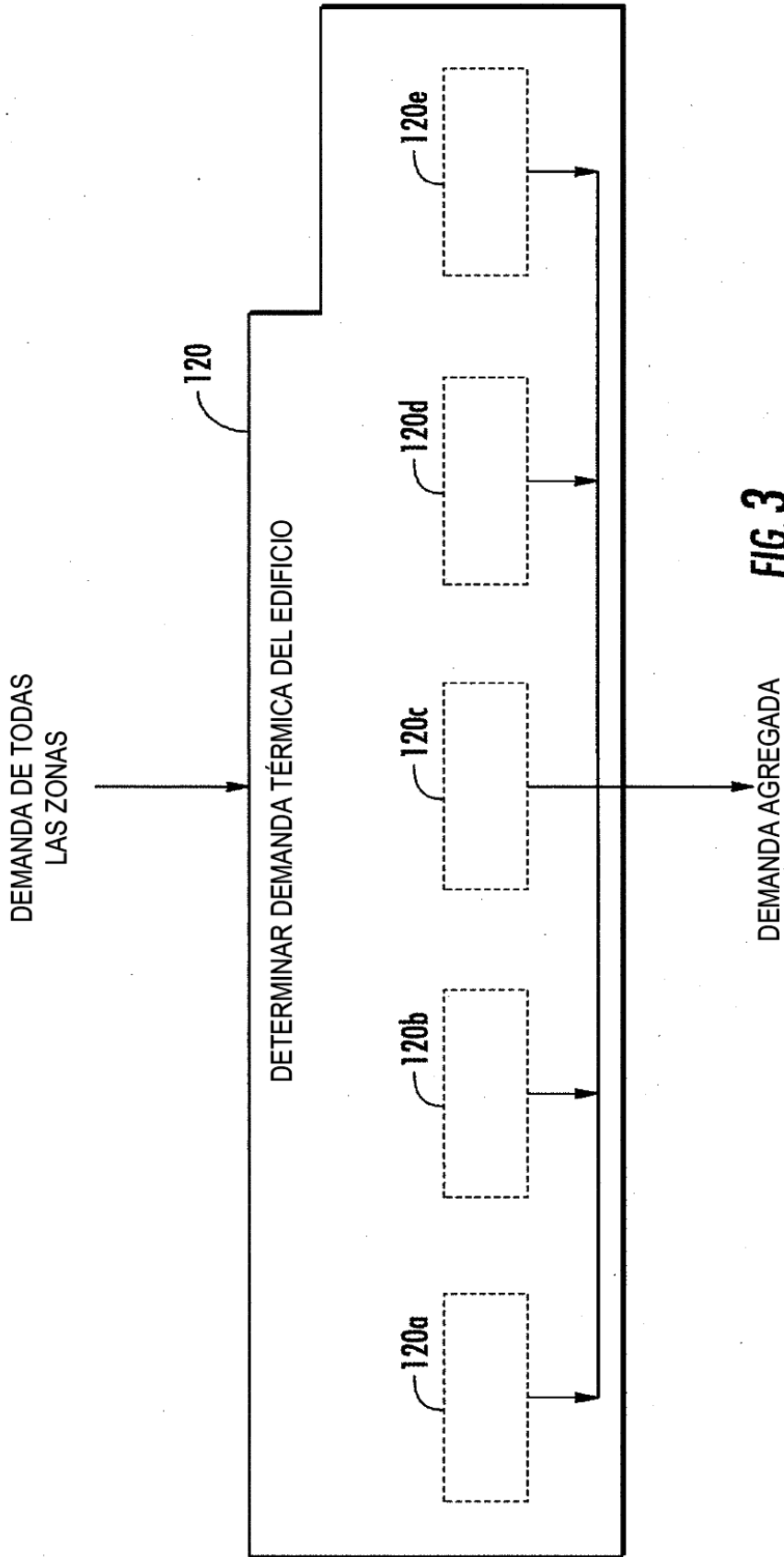


FIG. 2



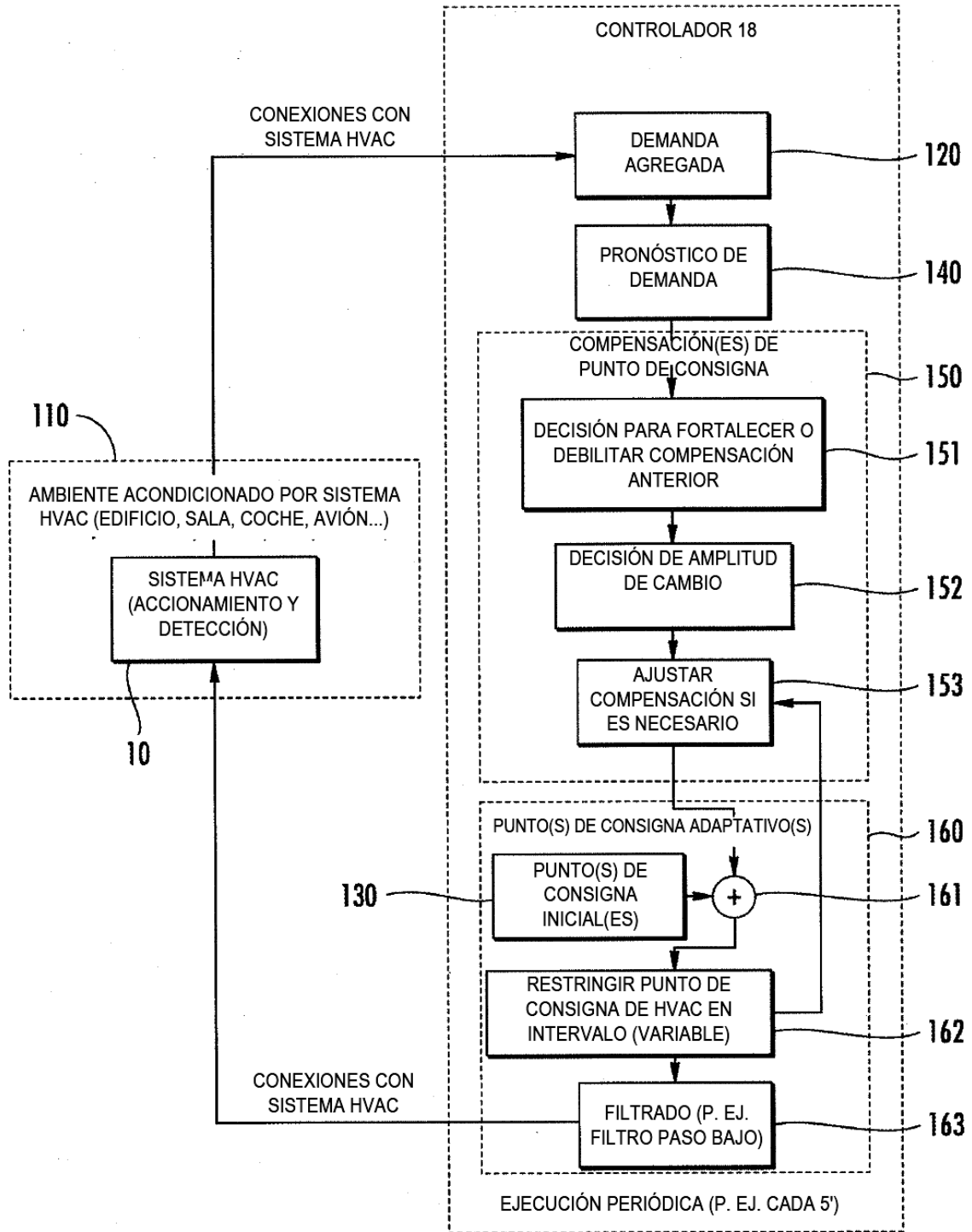


FIG. 4