

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 107**

51 Int. Cl.:

H05K 7/20

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2013 PCT/EP2013/001391**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.11.2013 WO13167280**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2013 E 13726418 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017 EP 2848105**

54 Título: **Método para la operación de un centro de datos con medios de refrigeración eficientes**

30 Prioridad:

11.05.2012 EP 12003748

23.11.2012 EP 12007913

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

26.07.2017

73 Titular/es:

E3 COMPUTING GMBH (100.0%)

Feldbergstrasse 17

65830 Kriftel, DE

72 Inventor/es:

LINDENSTRUTH, VOLKER;

STÖCKER, HORST y

HAUSER, ALEXANDER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 627 107 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

Método para la operación de un centro de datos con medios de refrigeración eficientes

5 La presente invención se refiere a un método para la operación de un centro de datos, que está adaptado para alojar una multiplicidad/pluralidad de bastidores que se diseñan para proporcionar espacio de almacenamiento para equipos informáticos. El centro de datos está equipado con medios de refrigeración para proporcionar la disipación del calor que es generado por los equipos informáticos.

10 En la técnica anterior, existen varias estructuras de desarrollo de datos para alojamiento de una multiplicidad de bastidores, comprendiendo cada uno de ellos espacio de almacenamiento para equipos informáticos.

15 Los centros de datos convencionales son normalmente edificios, que comprenden un falso suelo para una infraestructura de ordenadores, que se aloja normalmente en recintos de bastidores de 19 pulgadas. En centros de datos convencionales, la refrigeración aún se lleva a cabo mediante aire frío, que se bombea al interior del falso suelo que tiene orificios en las localizaciones apropiadas enfrentadas a los bastidores. En esta forma al aire frío se suministra a las entradas de aire de los bastidores de ordenadores. Este diseño requiere normalmente el concepto de flujos de aire guiados, alimentación de aire frío al interior de los bastidores y eliminación del calor de los equipos informáticos.

20 El documento WO 2010/000440 divulga un estado típico de centro de datos de la técnica convencional de la Figura 1. Este diseño convencional es en alguna forma inconveniente, debido a que los bastidores individuales han de diseñarse como bastidores cerrados y el flujo de aire a través de los bastidores respectivos ha de vigilarse y controlarse para evitar el bombeo de cantidades innecesarias de aire frío desde el pasillo frío. Existen varios
25 conceptos, que proporcionan una regulación del flujo de aire dentro del pasillo frío, de modo que los ventiladores que proporcionan el flujo de aire funcionen con la potencia más baja posible. El aire caliente generado por los equipos en el interior del bastidor se realimenta a intercambiadores de calor que se localizan en algún otro lado en el edificio del centro de datos. El aire calentado o bien se refrigera de nuevo o bien se usa aire fresco para proporcionar una corriente de aire frío.

30 La técnica anterior, tal como el documento WO 2010/000440, describe el uso de bastidores refrigerados por agua para centros de datos de alta densidad. En la técnica anterior el calor de los equipos electrónicos se transfiere al agua de refrigeración por medio de intercambiadores de calor, tal como se divulga en el documento WO 2010/000440, que o bien se montan en bastidores o bien en los pasillos. Otra técnica anterior usa refrigeración
35 directa de los equipos electrónicos instalados en los bastidores con agua.

40 Junto al estado típico de edificios de centro de datos de la técnica convencional, el documento WO 2010/000440 divulga una nueva arquitectura energéticamente eficiente para centros de datos de ordenadores de múltiples plantas que usa medios de refrigeración líquidos para la disipación del calor que es generado por los equipos informáticos. El denominado concepto Green-IT realizado por WO 2010/000440 permite la reducción del consumo de energía para refrigeración. Los centros de datos convencionales requieren frecuentemente hasta el 50 %, e incluso más, de su consumo de energía para refrigeración. El novedoso concepto de refrigeración del documento WO 2010/000440 permite centros de datos que requieran menos del 10 % (PUE parcial < 1,1) de su energía para refrigeración.

45 Los centros de datos de ordenadores de planta múltiple fijos del documento WO 2010/000440 se convierten en una clase de punto de referencia a seguir por conceptos de Green-IT posteriores como un desarrollo constante hacia un centro de datos energéticamente eficiente.

50 Sin embargo los centros de datos de ordenadores fijos como se divulga en el documento WO 2010/000440 requieren una demanda constante para dichos datos y por lo tanto se consideran como inversiones a largo plazo. Además, los centros de datos móviles se convierten en cada vez más atractivos, debido a que dichos contenedores de centros de datos móviles pueden instalarse fácilmente en la vecindad próxima y contener su propia infraestructura de modo que puedan “enchufarse” en donde un centro de datos de ordenador fijo sea demasiado pequeño y/o solo existan necesidades temporales.

55 El diseño de los centros de datos, tanto si son móviles como fijos está sometido a constantes mejoras para optimizar los costes para refrigeración de los equipos informáticos. Junto al diseño, los métodos para la operación de dichos centros de datos permiten una mejora adicional para conseguir un consumo de energía optimizado para refrigeración.

60 La presente invención proporciona dicho método para la operación de una unidad de centro de datos fija o móvil.

Por lo tanto, la presente invención se refiere a un método para la operación de un centro de datos que comprende:

65 (i) un edificio para alojamiento de una multiplicidad de bastidores (202), siendo cada bastidor un bastidor abierto que aloja equipos informáticos,

- (ii) siendo los bastidores (202) un bastidor abierto que aloja equipos informáticos (200)
- (iii) los bastidores (202) comprenden medios de intercambio de calor (206, 207) que están adaptados para transferir el calor generado por los equipos informáticos a un refrigerante fluido, siendo dichos medios de intercambio de calor un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores,
- 5 (iv) al menos un primer circuito de refrigeración (203, 204), siendo dicho circuito refrigeración un circuito de refrigeración cerrado, que está adaptado para suministrar a los medios de intercambio de calor (206, 207) a los bastidores (202) un refrigerante fluido y está adaptado adicionalmente para transportar el refrigerante calentado fuera de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) a través del reflujo del circuito refrigerante,
- 10 (v) estando conectado dicho primer circuito refrigerante (203, 204) a una fuente que proporciona frío, estando localizada dicha fuente fuera del espacio que aloja la multiplicidad de bastidores,
- (vi) los equipos informáticos (200) localizados en los bastidores respectivos tienen medios activos, preferentemente ventiladores, para la refrigeración de partes de los equipos informáticos, preferentemente la CPU y/o GPU y/o hardware de almacenamiento, creando dichos medios activos un flujo de aire (205) en el
- 15 elemento fijado a los bastidores,
- (vii) no teniendo dichos bastidores (202) ningún otro medio activo, en particular ventiladores, excepto los contenidos dentro de los equipos informáticos anteriormente mencionados, para la creación de un flujo de aire en el bastidor hacia los medios de intercambio de calor que son un elemento de los bastidores o un elemento fijado
- 20 a los bastidores,
- (viii) no comprendiendo dicho edificio para alojamiento de la multiplicidad de bastidores (202) ningún otro medio activo, excepto aquellos contenidos dentro de los equipos informáticos (200) anteriormente mencionados, para la creación de un flujo de aire guiado,
- (ix) al menos una entrada de alimentación eléctrica,
- 25 (x) al menos un medio para la distribución de la alimentación eléctrica desde la entrada de alimentación a los bastidores individuales, permitiendo fuentes de alimentación redundantes en cada bastidor,

comprendiendo las medidas

- 30 (a) proporcionar un refrigerante fluido desde la fuente que proporciona frío a los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) dentro del primer circuito refrigerante, entrando dicho flujo de refrigerante fluido en los medios de intercambio de calor (206, 207) teniendo una temperatura de 1 K a 5 K, preferentemente de 1 K a 3 K, más preferido de 1 K a 2 K, por debajo de la temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202),
- 35 (b) controlar el flujo de refrigerante fluido dentro del primer circuito de refrigerante (205) que está adaptado para suministrar a los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) para mantener la temperatura del fluido refrigerante que entra en los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) (flujo de entrada) teniendo una temperatura de 1 K a 5 K, preferentemente de 1 K a 3 K, más preferido de 1 K a 2 K, por debajo de la temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor
- 40 (206, 207) de los bastidores (202),
- (c) transportar el refrigerante fluido calentado que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) (flujo de retorno) a la fuente que proporciona frío, estando localizada dicha fuente fuera del espacio que aloja la multiplicidad de bastidores, para eliminar el calor del refrigerante fluido calentado a una temperatura de 1 K a 5 K, preferentemente de 1 K a 3 K, más preferido de 1 K a 2 K, por debajo de la
- 45 temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido y que devuelve el refrigerante fluido hacia el al menos un primer circuito refrigerante.

La presente invención proporciona un método para la operación de un centro de datos, evitando la necesidad de guiar el aire de refrigeración a través de todos los bastidores para crear el pasillo frío dentro del centro de datos. El

50 único medio activo son normalmente ventiladores contenidos dentro de los equipos informáticos anteriormente mencionados que crean un flujo de aire (205) en el bastidor individual hacia los medios de intercambio de calor del bastidor respectivo. Estos medios activos, tales como ventiladores integrados en los equipos informáticos, no superan normalmente el 10 % de la potencia eléctrica de los equipos informáticos instalados y en operación.

55 Mientras aún se use la presente invención se puede usar medios activos no sustanciales que no contribuyen al flujo de aire (205) en el bastidor, por ejemplo mediante la instalación de ventiladores distintos a los contenidos dentro de los equipos informáticos anteriormente mencionados. Dicha contribución no sustancial de dichos medios activos no sustanciales adicionales proporciona como mucho el 10 % del flujo de aire (205) generado por los medios activos contenidos dentro de los equipos informáticos anteriormente mencionados.

60 La presente invención proporciona un método para la operación de un centro de datos que contiene bastidores que alojan equipos informáticos. Dichos equipos informáticos incluyen todos los equipos electrónicos usados en conexión con los equipos informáticos, que generan calor durante el funcionamiento.

65 La presente invención proporciona un método en el que se opera al menos un circuito de refrigeración que suministra un refrigerante fluido al interior del centro de datos para refrigeración. En la presente invención, la

temperatura del refrigerante fluido que entra en el centro de datos y la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor (206, 207) es casi igual, lo que significa que la temperatura del fluido refrigerante que entra en el centro de datos está como mucho 0,2 K por debajo de la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor (206, 207).

5 En una realización preferida la presente invención proporciona un método para la operación de un centro de datos en el que la densidad de potencia de los equipos informáticos en los bastidores es de al menos 5 kW (eléctricos) por bastidor, más preferido al menos 8 kW (eléctricos) por bastidor, más preferido al menos 10 kW (eléctricos) por bastidor. El límite superior para la densidad de potencia por bastidor está principalmente limitado por el espacio disponible en el interior del bastidor. Así el límite superior no está limitado por sí mismo y normalmente puede alcanzar hasta 1 kW o 1,5 kW por unidad de altura en el bastidor. Para un bastidor típico la densidad de potencia por bastidor es de hasta 42 kW (eléctricos) para un bastidor de 42 unidades de altura.

15 El presente método evita también la necesidad de falsos suelos usados en ese contexto. Además, la invención se dirige a optimizar los requisitos de energía y extra-coste en la disposición de bastidores de ordenador más densamente para minimizar la longitud requerida de la red de cables y para mejorar las capacidades de comunicación del sistema.

20 El presente método para la operación de un centro de datos permite al centro de datos tener una estructura compacta que comprende capacidades mayores, escalables y una densidad de volumen incrementada. El presente método para la operación de un centro de datos puede usarse para centros de datos dispuestos bidimensionalmente, en los que los bastidores se localizan en un nivel, o para centros de datos dispuestos tridimensionalmente, en los que los bastidores se localizan en más de un nivel dentro del centro de datos.

25 El beneficio del presente método para la operación de un centro de datos se incrementa con la densidad de potencia de los equipos informáticos instalados dentro de los bastidores. Dicha densidad de empaquetamiento o almacenamiento incrementada para los equipos informáticos, tal como hardware de ordenador, que proporciona una disipación de calor que puede superar incluso una tasa de disipación de calor volumétrica de 1 kW por m³ y mayor, preferentemente 1,5 kW por m³ y mayor, más preferentemente 2 kW por m³ y mayor, más preferentemente 3 kW por m³ y mayor, lo que no puede conseguirse usando los sistemas de refrigeración por aire convencionales que son el estado de la técnica del sistema actualmente. La tasa de disipación de calor volumétrica anteriormente mencionada se basa en un centro de datos que tenga una altura de techo de 2,5 m y el área neta usada en el centro de datos. El área neta del centro de datos es el área que está ocupada por los bastidores que alojan los equipos informáticos, excluyendo cualquier espacio adicional para la infraestructura técnica de edificación, tales como transformadores, generadores de potencia, salas de baterías, sistemas de extinción de incendios, área de almacenamiento y similares. En la realización preferida de la invención un bastidor tiene 120 cm de profundidad y 70 cm de ancho. Los bastidores se montan con una distancia de 120 cm entre filas de bastidores. Por lo tanto en la realización preferida de la invención un bastidor consume 1,7 m² de espacio de suelo y 4,2 m³ de área neta del centro de datos. Pueden concebirse configuraciones más próximas, por ejemplo con bastidores de 60 cm de ancho y distancias más pequeñas.

45 Así el área neta del centro de datos usada en conexión con la presente invención es la superficie usada para alojar los bastidores de los equipos informáticos. La superficie total del centro de datos menos la superficie usada para infraestructura técnica (fuente de alimentación, refrigeración, UPS, baterías, generadores, gestión de incendios y otros), para la infraestructura de acceso (zonas no seguras y seguras), superficie de preparación y almacenamiento para los equipos informáticos así como salas de control informática y otras superficies necesarias para la gestión del centro de datos.

50 Por razones prácticas la tasa de disipación de calor volumétrica en un sistema de refrigeración por aire convencional no supera, normalmente, los 6 kW por bastidor, lo que corresponde a aproximadamente 2,5 a 3 kW/m² y aproximadamente de 0,7 a 0,9 kW/m³ usando las suposiciones anteriormente mencionadas.

55 Todas las necesidades de potencia por bastidor y otras unidades deducidas de las mismas se refieren a la potencia eléctrica de los equipos informáticos instalados y en operación en el bastidor respectivo.

60 Como se ha explicado anteriormente, el beneficio del presente método para la operación de un centro de datos se incrementa con la densidad de potencia de los equipos informáticos instalados y en operación dentro de los bastidores. En particular, para centros de datos que tengan bastidores con equipos informáticos instalados y en operación, creando una tasa de disipación de calor volumétrica que corresponde a al menos aproximadamente 5 kW/m², preferentemente a al menos aproximadamente 10 kW/m², más preferido a al menos aproximadamente 20 kW/m², usando el área neta anteriormente mencionada de los centros de datos/salas de centros de datos que alojan los bastidores, se proporciona una refrigeración extremadamente eficiente.

65 El presente método para la operación de un centro de datos implementa bastidores abiertos con intercambiadores de calor pasivos, siendo dichos medios de intercambio de calor un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores, que se construyen de modo que, la mayor parte del aire calentado, en el mejor modo todo el aire

calentado de los equipos informáticos instalados en el interior de los bastidores, se refrigera de vuelta a la temperatura ambiente fijada. Preferentemente, los intercambiadores de calor se localizan sobre el lado posterior del bastidor. La posición real de los intercambiadores de calor se determina por la dirección del flujo de aire (205) generado por los medios activos de los equipos informáticos. En una realización preferida de la invención, el ángulo de incidencia del flujo de aire generado hacia la superficie del intercambiador de calor es como mucho de 75°, más preferido como mucho de 60°, más preferido como mucho de 45°, más preferido como mucho de 20°, más preferido entre 0° y 20°.

Ser el diseño del intercambiador de calor pasivo un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores, estando preferentemente localizado en el lado posterior de los bastidores, es también importante debido a que se producen una contrapresión muy alta hacia el flujo de aire natural, la eficiencia de la refrigeración global se reduce.

Evitar dicha contrapresión en el interior del bastidor tiene muchas ventajas. Primero puede montarse equipo heterogéneo en el interior del bastidor debido a que la baja contrapresión no puede tener un efecto negativo sobre el flujo de aire de otros equipos informáticos. Por ejemplo, un servidor de alta potencia, montado por debajo de un servidor de baja potencia no impulsará su aire de escape caliente de retorno hacia el servidor de baja potencia, siempre que haya poca contrapresión en el interior del bastidor. Una segunda ventaja es que hay pocos requisitos respecto al sellado de las entradas de cables a través del bastidor. Los cortes o aberturas de cables normales requieren inserciones auto-sellantes, tal como, por ejemplo sellados KoldLok®.

El uso de dichas inserciones auto-sellantes en la presente invención es posible pero no obligatorio. Debido a la evitación de la refrigeración por aire del estado de la técnica y que no se requieren flujos de aire guiados en el centro de datos; la tasa potencial de fugas de aire caliente es muy limitada en la presente invención.

La temperatura ambiente del espacio que aloja la multiplicidad de bastidores corresponde al escape de aire frío de los intercambiadores de calor pasivos que son un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores y se conectan por lo tanto a la temperatura del refrigerante fluido. Preferentemente, la temperatura ambiente del espacio que aloja la multiplicidad de bastidores es de aproximadamente +2 K, más preferentemente +1 K, más preferentemente +0,5 K, más preferida aproximadamente la misma, que la temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido del primer circuito refrigerante. El presente método al proporcionar una refrigeración altamente eficiente de los bastidores permite temperaturas ambientes más altas dado que no hay riesgo de bucles de calor en cualquier lado del centro de datos. La única área de aire caliente está en el interior de los bastidores.

La refrigeración posterior puede realizarse a través de la fuente de frío anteriormente mencionada, que incluye pero sin limitarse a, fuentes de agua fría externas, tales como agua subterránea o de superficie, refrigeración por evaporación que funciona basándose en el principio de la evaporación, incluyendo torres de refrigeración por evaporación con o sin torres de refrigeración abiertas, refrigeradores híbridos, refrigeradores secos y similares, y cualesquiera otras técnicas de refrigeración del estado de la técnica, incluyendo enfriadores de compresión.

La refrigeración y eficiencia en coste más alta se consigue mediante el uso de contra-flujo, tiro indirecto, torres de refrigeración húmedas. El principio de refrigeración de dichas torres de refrigeración usa el calor de evaporación del agua mediante la evaporación de agua. Por ejemplo para enfriar un centro de datos de 1 MW se requieren aproximadamente hasta 1,7 m³ de fluido refrigerante, tal como agua, para evaporación por hora. La torre de refrigeración es totalmente pasiva excepto un ventilador, que se acciona normalmente solo si la temperatura de aire exterior supera los 15 °C. La temperatura más baja posible, usando enfriadores húmedos abiertos corresponde a la temperatura de bulbo húmedo. Esta se mide psicométricamente mediante la cobertura de un termómetro con algodón húmedo. El uso de enfriadores de evaporación asegura que la temperatura de suministro del agua más fría está por encima del punto de rocío. Por lo tanto no hay riesgo de condensación en ningún lado en el interior del centro de datos. Los suministros de agua no tienen que estar aislados.

El método de operación de la realización preferida de la presente invención usa agua como refrigerante fluido frío, en el que el refrigerante fluido que entra en el centro de datos para refrigeración a través de al menos un circuito de refrigeración tiene una temperatura casi igual a la temperatura que entra en el medio de intercambio de calor (206, 207). En este contexto, casi igual significa que la temperatura del refrigerante fluido que entra en el centro de datos está como mucho 0,2 K por debajo de la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor (206, 207).

En una realización preferida, el presente método funciona con una temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido del primer circuito de refrigeración que depende de la densidad de potencia particular instalada y en funcionamiento en los bastidores. Para densidades de potencia de hasta 10 kW (eléctricos) por bastidor, la temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido del primer circuito refrigerante está como mucho 3 K, preferentemente como mucho 2 K, más preferido como mucho 1 K, por encima de la temperatura suministrada por la fuente de frío que entra en el centro de datos y para densidades de potencia de al menos 10 kW (eléctricos) por bastidor, el flujo de retorno del refrigerante fluido del primer circuito refrigerante está como mucho 4 K, preferentemente como mucho 3 K, por encima de la temperatura suministrada por la fuente de frío.

La diferencia de temperatura anteriormente mencionada entre el flujo de retorno del refrigerante fluido del primer circuito de refrigeración y el flujo de entrada de refrigerante fluido puede ser también más alta para caudales de refrigerante fluido reducidos. De ese modo, la demanda de potencia requerida de las bombas que funcionan en el circuito de refrigeración se reduce durante sesiones o períodos más fríos de temperaturas exteriores más frías, normalmente a temperaturas en el exterior por debajo de 17 °C, en las que el sistema/fuente de refrigeración posterior de frío produce/proporciona temperaturas/fluido frío refrigerante suficiente sin coste extra.

Normalmente los bastidores usados en el presente método son recintos comunes de bastidores de 19 pulgadas. En una realización preferida, los bastidores son altos lo que ahorra particularmente espacio. Los bastidores se colocan sobre el suelo del edificio y no necesariamente sobre sistemas de falsos suelos. Las bandejas de tuberías y/o cables se montan por encima de los bastidores. En caso de un falso suelo existente para renovación de un centro de datos existente dicho falso suelo puede usarse igualmente para conducir las tuberías. Las puertas del intercambiador de calor pueden conectarse al circuito de refrigeración desde abajo y desde arriba. En una realización preferida adicional al ser dicho centro de datos un centro de datos móviles, los bastidores se conectan al recinto del entorno a través de medios de absorción de vibraciones, protegiendo así los bastidores y cualquier medio asociado/conectado, como los medios de intercambio de calor y tuberías de refrigeración, contra vibraciones y sacudidas durante el transporte y montaje.

El término “abierto” en conexión con los presentes bastidores significa que el frente de los bastidores está abierto y permite que entre aire ambiente a los equipos informáticos en el interior del bastidor sin resistencia al flujo. Es posible también tener una puerta frontal abierta, por ejemplo una puerta de celosía, que permite al aire fluir a través de ella sin resistencia sustancial al flujo. Dicha puerta de celosía es la realización preferida dado que permite la medición de la temperatura de la entrada de aire. En esta realización preferida, se llevan a cabo dos mediciones, normalmente una a una altura de un tercio de la puerta de celosía y la segunda aproximadamente a dos tercios de altura de la puerta de celosía. El concepto de bastidor abierto utilizado en el presente método permite la entrada de aire ambiente y la salida de dicho aire que ha capturado el calor generado por los equipos informáticos. En una realización preferida, el aire que entra en el bastidor abierto y el aire que sale de los equipos informáticos hacia los medios de intercambio de calor (206, 207) se separan por medios de desacoplamiento en el interior del bastidor, que separan el aire que sale de los equipos informáticos hacia los medios de intercambio de calor (206, 207) del aire que entra en el bastidor abierto para asegurar que no se aspira aire calentado al interior de los equipos informáticos.

Otra ventaja de los medios de intercambio de calor basados en el bastidor es que los bastidores por sí mismos no tienen que mantenerse cerrados y que el flujo de aire al interior y fuera de los bastidores ya no ha de ser controlado. Como un beneficio adicional, en el interior del centro de datos, no se requieren acondicionadores de aire adicionales, dado que la función de refrigeración puede llevarse completamente por las unidades de intercambio de calor de los bastidores.

Los bastidores usados en la presente invención no tienen ningún otro medio activo, en particular ventiladores, para la creación de un flujo de aire en el bastidor hacia los medios de intercambio de calor que sea un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores. Solo los equipos informáticos localizados en los bastidores respectivos que tienen medios activos, preferentemente ventiladores, para la refrigeración de partes de los equipos informáticos, preferentemente la CPU y/o GPU y/o hardware para almacenamiento y solo dichos medios activos refrigeran partes de los equipos informáticos creando un flujo de aire en el bastidor hacia los medios de intercambio de calor que son un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores.

El presente método para la operación de un centro de datos no requiere que el centro de datos tenga un falso suelo y disposiciones o diseños de pasillos fríos.

Los más preferidos son intercambiadores de calor pasivos que tienen una profundidad de aproximadamente 50 a 120 mm lo que pueden provocar solo una contrapresión de aire muy baja. Por lo tanto el aire caliente que sale de los equipos informáticos en los bastidores puede pasar por el intercambiador de calor totalmente por sí mismo.

Como ya se ha mencionado, la densidad de potencia en los ordenadores modernos ha alcanzado 1 kW e incluso más por unidad de altura instalada en un bastidor. El medio de refrigeración activo de los equipos informáticos instalados en un bastidor, tal como los ventiladores para refrigeración de partes de los equipos informáticos, preferentemente la CPU y/o GPU y/o un hardware de almacenamiento, crean los caudales de aire apropiados para eliminar todo el calor de los equipos informáticos. El caudal de aire depende de la diferencia de temperatura ΔT entre el aire que entra en el bastidor y el aire que sale de los equipos informáticos. Las diferencias de temperatura típicas son de $\Delta T = 5$ a 30 K. Esta diferencia de temperatura requiere una corriente de volumen de aire de 100 a 600 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{kW})$, lo que corresponde a al menos 0,5 m/s, preferentemente a al menos 0,8 m/s, en particular a al menos 1,1 m/s.

En el estado de la técnica de los equipos informáticos se diseñan para funcionar con una diferencia de temperatura entre el aire frío y caliente de aproximadamente 10 K. Por lo tanto, el caudal de aire en el interior de un bastidor de 19 pulgadas de 42 unidades de altura es una función lineal de la potencia generada por los equipos electrónicos y el promedio de la diferencia de temperatura del aire generada por los equipos. Por ello, operando con la diferencia de

10 K y teniendo equipos informáticos instalados que corresponden a 20 kW de potencia eléctrica, es adecuada una corriente volumétrica de aire de 6000 m³/h lo que corresponde a un caudal de aire de 2,1 m/s para dicho bastidor de 19 pulgadas de 42 unidades de altura. Dicho caudal de aire en el presente método se crea únicamente por los medios de refrigeración activos de los equipos informáticos por unidad de altura instalada en un bastidor, tal como los bastidores para la refrigeración de partes de los equipos informáticos, preferentemente la CPU y/o GPU y/o un hardware de almacenamiento.

El presente método para la operación de un centro de datos permite la transferencia del calor generado por los equipos informáticos instalados en el interior del bastidor al refrigerante fluido sin ningún elemento activo adicional.

En el caso de bastidores que no estén totalmente equipados con equipos informáticos, es beneficioso cerrar grandes ranuras abiertas, por ejemplo que sean mayores de 3 unidades de altura, en el interior del bastidor para evitar que salga aire caliente del bastidor hacia su lado frontal. Las pequeñas aberturas para el cableado no presentan un problema debido a la baja presión en el interior del bastidor.

El presente método para la operación de un centro de datos permite preferentemente la refrigeración eficiente de un centro de datos en el que la densidad de potencia de los equipos informáticos en los bastidores sea de al menos 5 kW (eléctricos) por bastidor, más preferido al menos 8 kW (eléctricos) por bastidor, más preferido al menos 10 kW (eléctricos) por bastidor. El límite superior para la densidad de potencia por bastidor está limitado principalmente por el espacio de almacenamiento disponible. De ese modo el límite superior alcanza normalmente 1 kW por unidad de altura del bastidor, llegando normalmente hasta 42 kW (eléctricos) por bastidor.

Los bastidores usados en la presente invención tienen normalmente dimensiones de 1,2 m x 0,7 m x 2 m y se disponen preferentemente de adelante a atrás para una mayor eficiencia y parte posterior contra parte posterior para una mayor redundancia.

Aunque la mayor parte de los equipos informáticos, tales como servidores, implementan un flujo de aire de delante a atrás hay excepciones a esta regla. Por ejemplo la serie de conmutadores Cisco Nexus reciben aire frío en la parte frontal y el lado derecho del chasis mientras que expulsan aire caliente en el lado izquierdo y lado posterior del sistema. Estos conmutadores requieren también bastidores de 1 m de ancho. En la realización preferida de la presente invención dichos requisitos de flujo de aire se adaptan mediante el uso de bastidores de 1 m de ancho, que sellan el frente izquierdo y el lado posterior derecho del bastidor. Se pueden concebir configuraciones similares para los equipos informáticos que usen sus laterales del chasis para la entrada de aire. Las aberturas laterales de los bastidores no tienen que cubrir toda la altura del bastidor, se pueden concebir compartimentos de conmutación especiales.

También se pueden concebir separaciones de flujo de aire horizontal en la parte posterior del bastidor, por ejemplo para permitir una determinación muy específica de fuentes de humo potencial y para desconectar selectivamente los servidores apropiados.

Se pueden concebir en la realización preferida de la invención muchas guías de aire pasivas de chapa metálica para guiar el aire frío o caliente y para separar potencialmente zonas en el interior del bastidor. Dichas guías de aire son enteramente pasivas y no afectan adversamente a la eficiencia de la refrigeración del sistema. Debería tomarse nota de que dichas guías de aire no se requieren en general en la realización preferida de la invención y se usan meramente para ajustar dispositivos existentes en el interior de los bastidores.

El presente método para la operación de un centro de datos implementa bastidores abiertos con intercambiadores de calor pasivos que son un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores, preferentemente como puertas posteriores, que se construyen de modo que la mayor parte del aire calentado, en el mejor modo todo el aire calentado de los equipos informáticos instalados en el interior del bastidor se refrigera de vuelta a la temperatura ambiente fijada.

Siendo el intercambiador de calor pasivo individual un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores, y se localiza preferentemente en la parte posterior del bastidor individual y es capaz de transferir todo el calor generado por los equipos informáticos instalados y en operación dentro del bastidor al refrigerante fluido.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, la capacidad de los intercambiadores de calor viene dada por la naturaleza del refrigerante fluido, el flujo de entrada de refrigerante y la diferencia de temperatura del flujo de entrada de refrigerante y del flujo de salida de refrigerante. En el presente método, la capacidad de refrigeración de la suma de todos los medios de intercambio de calor instalados corresponde al calor generado por los equipos informáticos instalados y en operación en el centro de datos. Por ello, la presente invención asegura que no se libera ninguna cantidad o ninguna cantidad sustancial del calor generado por los equipos informáticos al espacio que aloja la multiplicidad de bastidores, al que se hace referencia normalmente como el centro de datos.

La presente invención permite la operación de un centro de datos en el que el aire que entra en los bastidores, normalmente desde un lado frontal, y el aire que sale de los bastidores, normalmente en el lado posterior a través de

los medios de intercambio de calor, tienen la misma o esencialmente la misma temperatura y sustancialmente todo el calor generado se elimina por el intercambiador de calor y el refrigerante fluido. Preferentemente, la temperatura del aire que entra en los bastidores y la temperatura del aire que sale de los bastidores, normalmente en el lado posterior a través de los medios de intercambio de calor, difiere en menos de +2 K, más preferentemente +1 K, más preferentemente +0,5 K, más preferido es aproximadamente la misma. Así no se libera ningún calor o sustancialmente ningún calor al espacio/edificación que aloja los bastidores del centro de datos.

Como resultado, el presente método que proporciona una refrigeración altamente eficiente de los bastidores permite temperaturas ambientales más altas dado que no hay riesgos de bucles de calor en ningún lado del centro de datos. La única área de aire caliente es el interior de los bastidores.

La presente invención permite que los medios de intercambio de calor reciban directamente el aire caliente generado por los equipos informáticos en el interior del bastidor y transforman este aire caliente para volverlo a una temperatura ambiente deseada transmitiendo simplemente el calor a las tuberías que transportan al refrigerante fluido. En esta forma, puede evitarse cualquier encaminamiento del aire caliente o creación de cualquier flujo de aire en el interior del centro de datos. Al permitir esto, puede reducirse al mínimo la distancia que recorre el aire caliente o calentado. Solo se requiere transportar el aire calentado en el interior del bastidor, en particular desde los equipos informáticos a los medios de intercambio de calor. En esta forma, puede impedirse cualquier flujo de aire turbulento difícil de controlar. Además, la presente invención no requiere la alta producción de flujo de aire frío y los problemas relacionados con cualquier condensación de humedad que esté presente en dicho aire. Por ello, se convierte en superfluo el uso de cualquier deshumidificador de aire.

De acuerdo con otra realización preferida de la invención, los medios de intercambio de calor no comprenden ningún medio activo, tales como ventiladores, para el guiado del calor/aire caliente desde los equipos informáticos a la superficie de los medios de intercambio de calor o a través de los medios de intercambio de calor. La corriente relativamente baja y laminar de aire obtenida desde los ventiladores de la CPU y/o GPU en el interior del bastidor particular permiten evitar ventiladores adicionales y evitar cualquier consumo de potencia de ventilación adicional.

El método presente para la operación de un centro de datos usa intercambiadores de calor pasivos que tienen una baja contrapresión de aire. La contrapresión de aire generada por el intercambiador de calor depende del caudal de aire. Los intercambiadores de calor usados en conexión con el presente método tienen preferentemente una contrapresión del aire de máximo 10 Pa para un caudal de aire correspondiente de hasta 0,5 m/s, más preferido de como máximo 16 Pa para un caudal de aire correspondiente de hasta 0,8 m/s, más preferido de máximo 20 Pa para un caudal de aire correspondiente de hasta 1,1 m/s.

Los flujos de aire y contrapresiones de aire anteriormente mencionados funcionan bien con los equipos informáticos instalados en los bastidores, que funcionan normalmente dentro de una diferencia de temperatura entre aire frío y caliente que es de aproximadamente 10 K.

El presente método usa un sistema de refrigerante fluido. Una preocupación principal de los centros de datos es el potencial de fugas, en particular del agua que se usa como refrigerante fluido. El riesgo de salpicaduras de agua y la cantidad de daño provocado por las salpicaduras corresponde a la presión del sistema de agua. Por lo tanto, un aspecto adicional del presente método es usar intercambiadores de calor que tengan una baja caída de presión a través del intercambiador de calor.

El presente método para la operación de un centro de datos usa intercambiadores de calor pasivos que tengan una baja caída de presión a través del intercambiador de calor.

La caída de presión a través del intercambiador de calor depende del flujo de fluido volumétrico del refrigerante fluido. Por lo tanto, en la presente invención, los intercambiadores de calor pasivos situados en el lado posterior de los bastidores proporcionan preferentemente una caída de presión por debajo de 22 kPa para una corriente en volumen de 3 m³/h de agua, preferentemente por debajo de 54 kPa para 5 m³/h de agua, más preferentemente por debajo de 200 kPa para 10 m³/h de agua.

Operando con una tasa de bombeo por debajo de 5 m³/h de agua, el presente método puede llevarse a cabo por debajo de la presión atmosférica del agua como refrigerante fluido.

El presente método para la operación de un centro de datos requiere el control del flujo de refrigerante fluido dentro del primer circuito de refrigerante (205) que está adaptado para suministrar los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) para mantener la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) (flujo de entrada) teniendo una temperatura de 1 K a 5 K, preferentemente 1 K a 3 K, más preferido 1 K a 2 K, por debajo de la temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202). Por ello, el caudal de refrigerante fluido, tal como el agua, es preferentemente desde 0,9 m³ por hora y por kilovatio instalado y funcionando para una diferencia de 1 K y de 0,17 m³ por hora y por kilovatio instalado y funcionando para una diferencia de 5 K.

Una preocupación restante es el incremento de potencia potencial provocado por los ventiladores de refrigeración de los servidores debido a la contrapresión del intercambiador de calor. Esto se ensayó mediante la apertura y cierre de la puerta posterior del bastidor y determinando el consumo de potencia total de los ordenadores en el interior del bastidor. Se midieron ambos, el consumo de potencia total de todos los servidores en un bastidor y el suministro de corriente a un ventilador de muestra. No hubo diferencia significativa en el consumo de potencia medido cuando se abrió la puerta posterior, principalmente debido a la baja contrapresión.

Preferentemente, cada bastidor implementa unas unidades de distribución de potencia autónomas, que suministran alimentación a todos los componentes eléctricos en el interior del bastidor y que supervisan el consumo de potencia y propiedades eléctricas, en particular para altas densidades de potencia, por ejemplo las usadas en aplicaciones científicas. Esta funcionalidad se proporciona en un microcontrolador embebido. Mide además las temperaturas de entrada de aire y salida y el agua de refrigeración. Adicionalmente cada bastidor implementa un detector de humos independiente. En caso de una alarma de humos o sobrecalentamiento, los servidores se configuran para desconectar automáticamente. Después de exceder los umbrales configurados, la PDU cortará finalmente la alimentación. Dichas medidas de seguridad son importantes por bastidor debido a la alta densidad de potencia y correspondientemente rápida elevación de temperatura en caso de un fallo en la refrigeración.

Los medios de intercambio de calor de los bastidores se conectan a un circuito de refrigeración que suministra refrigerante fluido, preferentemente refrigerante líquido, a cada uno de los medios de intercambio de calor a través de un sistema de tuberías.

En una realización preferida de la invención, el circuito refrigerante comprende un sistema de tuberías para eliminar el refrigerante. El uso de un refrigerante líquido tal como agua y otros fluidos refrigerantes adecuados, particularmente con capacidades térmicas mayores que el aire, es ventajoso debido a numerosas razones. En primer lugar, la cantidad de calor total que puede transferirse y transportarse es, en comparación con refrigerantes gaseosos, mucho mayor. En segundo lugar, es posible controlar y supervisar más fácilmente el flujo y la transmisión del refrigerante, en comparación con un flujo turbulento y laminar de un refrigerante gaseoso.

En otra realización de la invención, la presión del refrigerante líquido puede establecerse por debajo de 2 bar, de modo que en caso de una fuga tiene lugar una expulsión de fluido mínima y la fuga de líquido fluye a lo largo del circuito refrigerante. En dicha realización el circuito de refrigeración puede tener un hueco/sumidero para recoger dicho líquido de fuga impidiendo que cualquier líquido de fuga se ponga en contacto con el hardware del ordenador. Las tuberías se disponen por detrás de la puerta posterior del bastidor, lo que presenta una protección de los equipos informáticos contra salpicaduras de agua debido a la fina estructura granular del intercambiador de calor. En ambos casos puede detectarse cualquier fuga del sistema de tuberías mediante la supervisión de la presión en el sistema de tuberías y fijando una alarma que permite así tomar las medidas apropiadas contra dicha fuga, tal como por ejemplo, detención de las bombas, para reducir adicionalmente la presión y detener el suministro de agua continuada a la fuga.

Adicionalmente no se requiere ningún aislamiento del sistema de tuberías dado que la temperatura ambiente corresponde a la temperatura de retorno del agua fría, que es significativamente más alta que el punto de rocío.

El centro de datos tiene al menos una fuente que proporciona frío que se conecta o bien directamente o bien indirectamente al primer circuito de refrigeración como se ha mencionado anteriormente.

Lo más normalmente, la fuente que proporciona frío es al menos una torre de refrigeración que opera a contra-flujo, tiro indirecto, torre de refrigeración húmeda, en la que se rocía agua desde la parte superior de la columna y se enfría por evaporación de parte del agua y por lo tanto se recoge hacia abajo. Para evitar la contaminación del primer circuito de refrigeración, su fuente que proporciona frío puede desacoplarse de la fuente que proporciona frío por un segundo circuito de refrigeración. Dicho desacoplamiento se consigue normalmente mediante intercambiadores de calor redundantes que transfieren calor desde el primer circuito de refrigeración al segundo circuito de refrigeración.

Por medio de esta implementación cualquier contaminación del segundo circuito de refrigeración que está directamente conectada a la fuente de frío, que podría contaminarse por partículas de aire, tales como polen, se separa del primer circuito de refrigeración que va al interior del centro de datos. Pueden colocarse las bombas necesarias para el bombeo del refrigerante fluido en el interior del centro de datos o fuera del centro de datos.

Dependiendo del clima ambiente, en algunas áreas geográficas los enfriadores de agua comunes provocan problemas, por ejemplo durante periodos de frío/heladas. En dichos casos se prefiere usar en su lugar las denominadas torres de refrigeración híbridas. Lo más normalmente dichos enfriadores híbridos son intercambiadores de calor de placas a través de los que se hace fluir el refrigerante calentado y se enfría por el aire ambiente. Un ejemplo de un enfriador híbrido se muestra en la patente de Estados Unidos N.º 7864530. Para incrementar la capacidad de refrigeración en verano, es posible rociar agua a la superficie del intercambiador de calor de placas y usar el enfriamiento por evaporación de dicha agua. Dado que estas torres de refrigeración híbridas incluyen un intercambiador de calor no se requieren intercambiadores de calor adicionales. Sin embargo, el

agua de refrigeración puede requerir aditivos, tales como glicol para impedir que se congele.

Adicionalmente, la fuente que proporciona frío tiene medios para transportar el refrigerante líquido a la entrada del circuito de refrigeración. Dichos medios son normalmente tuberías, que son preferentemente flexibles, fabricadas de distintos materiales, tales como acero, acero inoxidable y/o materiales polímeros orgánicos sintéticos.

En otra realización de la presente invención, el centro de datos se sitúa en una unidad tal como un contenedor o el centro de datos se construye usando bastidores que se preinstalan en estructuras de soporte, que preferiblemente son estructuras de tamaño estándar. Esto permite la preinstalación/premontaje para centros de datos de edificación o para centros de datos móviles. Preferiblemente dichas estructuras, unidades o contenedores de tamaño estándar tienen normalmente un tamaño estándar de un contenedor ISO común que puede transportarse, cargarse y descargarse, almacenarse y transportarse eficientemente para largas distancias por barco, ferrocarril, camiones, camiones semi-tráiler o aviones. Los más preferidos son unidades/contenedores de 6,1 m (20 pies), 12,2 m (40 pies), 13,7 m (45 pies), 14,6 m (48 pies) y 16,2 m (53 pies) de largo. El ancho es normalmente de 3,0 m (10 pies) a 2,4 m (8 pies) y la altura es normalmente de 2,9 m (9 pies 6 pulgadas).

El presente método para la operación de un centro de datos proporciona un refrigerante fluido de la fuente que proporciona frío a los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) dentro del primer circuito de refrigeración, teniendo dicho flujo de entrada de refrigerante fluido una temperatura de 1 K a 5 K, preferentemente de 1 K a 3 K, más preferido de 1 K a 2 K, por debajo de la temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202).

Preferentemente, la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor se ajusta a 0,1 a 0,5 K por kilovatio instalado y en operación por bastidor que no supere 10 kW por bastidor, por debajo de la temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202).

Preferentemente, la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor se ajusta a 0,1 a 0,2 K por kilovatio instalado y en operación por bastidor que esté entre 10 kW y 25 kW por bastidor, por debajo de la temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202).

Preferentemente, la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor se ajusta a 0,1 a 0,125 K por kilovatio instalado y en operación por bastidor por encima de 25 kW por bastidor, por debajo de la temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202).

El presente método para la operación de un centro de datos permite una refrigeración eficiente de un centro de datos. Por ejemplo, la temperatura más fría que puede conseguirse con el estado de la técnica de la tecnología de refrigeración posterior usando refrigeración por evaporación es la temperatura del bulbo húmedo, que en Europa difícilmente alcanza 22 °C. Las temperaturas de bulbo húmedo apropiadas están disponibles en los servicios de meteorología local. Normalmente el suministro de refrigerante fluido, en particular el agua fría, está aproximadamente 2 K más caliente que la temperatura de bulbo húmedo, que es el límite teórico. En la realización preferida de la invención el intercambiador de calor añade otros 2 K entre el secundario y el primer circuito. Sin embargo, debería tomarse nota de que esta diferencia de temperatura es función del tamaño del intercambiador de calor y puede optimizarse en coste. Por ejemplo, con una diferencia de temperatura de +1 K en el primer circuito de refrigeración (diferencia entre la salida y la entrada del intercambiador de calor), lo que correspondería por ejemplo a 9 m³/h del agua como refrigerante fluido y 10 kW de potencia eléctrica de los equipos informáticos instalados y en operación dentro de los bastidores, el retorno de refrigerante fluido más bajo, en particular agua fría, del sistema de refrigeración está 5 K por encima de la temperatura de bulbo húmedo. Permitiendo otros +1 K de diferencia a la temperatura ambiente debido a la radiación de los bastidores calientes, el aire caliente que sale de la temperatura ambiente está 6 K más cálido que la temperatura de bulbo húmedo. Este límite puede incluso reducirse incrementando la tasa de bombeo, pero con el precio de un requerimiento de potencia más alto para las bombas. Sin embargo, teniendo en cuenta que por ejemplo en Alemania la temperatura de bulbo húmedo superó los 20 °C durante los años 2007 a 2011 durante aproximadamente 140 horas de promedio. Por lo tanto, solo una pequeña fracción del tiempo las bombas tendrán que funcionar con alta tasa de bombeo y por lo tanto solo generarán una pequeña adición al presupuesto de potencia global. Durante las temperaturas exteriores frías el sistema de refrigeración se estrangula para mantener la temperatura ambiente por encima de 20 °C.

Debería tomarse nota de que básicamente todos los sistemas de ordenadores comerciales y componentes de red están clasificados para funcionar hasta 35 °C de modo casi constante de acuerdo con ASHRAE TC 9.9 (2011) y ETSI EN 300 019-1-3; V2.3.2. (2009-07). Muchos vendedores han anunciado incrementar incluso esta cifra hacia temperaturas más altas debido a que los sistemas de refrigeración mejoran en eficiencia con temperaturas ambientes mayores.

Si el retorno de refrigerante fluido, en particular agua fría, alcanza 30 °C puede usarse para calentar edificios si

5 incluyen calentamiento por suelo o paredes sin ninguna bomba de calor. La única potencia adicional requerida es la bomba para mover el agua a través de los colectores de calentamiento dentro del edificio y para impulsarla potencialmente hacia arriba a los pisos más altos. En verano el suelo radiante puede conectarse al suministro de agua fría y usarse por lo tanto para una refrigeración muy eficiente del edificio, con, sin embargo, requerimientos de refrigeración adicional para las torres de refrigeración.

Lo más normalmente, la mayor parte o incluso todos los bastidores se conectan individualmente al circuito de refrigeración, que proporciona un instrumento eficiente para eliminar y descargar el calor del hardware de ordenador.

10 El acoplamiento de cada bastidor a ser refrigerado al circuito de refrigeración individualmente con el circuito de refrigeración en conexión con intercambiadores de calor específicos del bastidor adecuados para eliminar todo el calor generado por el hardware de ordenador, proporciona la ventaja adicional de que es posible controlar y supervisar la potencia de refrigeración y el intercambio de calor individual y separadamente para cada bastidor individual dentro de la estructura del centro de datos. La refrigeración del aire caliente exclusivamente dentro del
15 bastidor hace posible instalar cualesquiera densidades de empaquetado del bastidor sin requerir un diseño del flujo de aire, tal como pasillos fríos o pasillos calientes.

La presente invención actual permite el uso de la denominada arquitectura de bastidor abierto que asegura que los bastidores no necesitan ya estar sellados herméticamente. Dicha estructura de bastidor abierto permite
20 adicionalmente un acceso más fácil a los equipos informáticos, en particular al hardware de ordenador, en el interior del bastidor, debido a cualquier problema o a que se necesite mantenimiento. Debido a la baja presión del flujo de aire en el lado posterior de los equipos informáticos las aberturas normales para cableado pueden cerrarse fácilmente.

25 Otro aspecto preferido de la presente invención es que al menos uno o todos los bastidores comprenden medios de control. En esta forma, todo el sistema puede reaccionar adaptativamente, localmente a fallos del sistema local y puede iniciar automáticamente las respectivas provisiones para compensar el fallo.

De acuerdo con otra realización, los medios de control comprenden adicionalmente sensores de temperatura,
30 detectores de fugas para las tuberías y/o detectores de humo, en la que dichos detectores se acoplan a un sistema de alarma de emergencia, que está adaptado para desconectar selectivamente el hardware, bastidor y/o la parte relevante de la unidad de tuberías de refrigeración.

El sistema de emergencia puede diseñarse y disponerse en cualquiera de dichos bastidores individual y
35 separadamente de un sistema de emergencia de bastidores vecinos o adyacentes. Los detectores de humo y fugas pueden instalarse por separado e independientemente entre sí para desconectar individualmente equipos informáticos ardiendo o produciendo humo y son capaces de mantener todas las otras operaciones del centro de datos. Alternativamente, puede ser también imaginable usar una combinación de detectores individuales y/o usar un detector multifuncional.

40 De acuerdo con una realización adicional, los bastidores comprenden adicionalmente medios de planificación de la alimentación, que están adaptados para mantener un transitorio global de la corriente eléctrica por debajo de un umbral predefinido. Esta realización se adapta para impedir que todo el centro de datos extraiga una cantidad de energía que no pueda proporcionarse mediante una fuente de alimentación externa. Por lo tanto, los medios de
45 planificación de la alimentación están adaptados para regular que cada bastidor o un par/grupo de bastidores extraiga alimentación de una fuente de alimentación de corriente o tensión de acuerdo con una hoja de tiempos dada.

Por ejemplo, un primer bastidor puede encenderse después de un tiempo de retardo dado en comparación con
50 cualquier otro bastidor del centro de datos. En esta forma, el consumo de picos de alimentación de todo el centro de datos puede mantenerse por debajo de un umbral predefinido, asegurando así que la fuente de alimentación externa no se avería. Los medios de planificación de la alimentación pueden implementarse también como un algoritmo específico que asigna un retardo de tiempo predefinido individual, por ello diferente, a cualquiera de los bastidores del edificio del centro de datos.

55 Alternativamente, también se puede concebir que se controle la conexión de alimentación de los diversos bastidores por medio de una arquitectura centralizada. Sin embargo, también un sistema de emergencia interconectado está en el alcance de la presente invención, mediante el que se conecta eléctricamente a un sistema de emergencia central una multiplicidad de detectores de fugas y/o humos, que pueden iniciar automáticamente las provisiones respectivas
60 para contrarrestar un fallo del sistema.

De acuerdo con otra realización preferida el centro de datos comprende adicionalmente al menos un circuito de
refrigeración adicional, por ejemplo un primer circuito de refrigeración redundante, que comprende la misma
65 estructura principal que el primer circuito de refrigeración, asumiendo la tarea de la primera estructura de refrigeración en caso de cualquier fuga u otro problema. Preferentemente, el circuito de refrigeración, incluyendo el primer circuito de refrigeración, tiene al menos dos entradas de refrigerante fluido que permite la operación también

en caso de cualquier fuga, parada parcial.

De acuerdo con otra realización preferida más, todas las bombas en el centro de datos tienen una bomba de reserva redundante, que puede activarse en caso de fallo de la bomba principal. Válvulas de corte apropiadas permiten la sustitución de una bomba averiada mientras el sistema está en operación.

El presente método permite la operación del centro de datos con temperatura ambiente relativamente alta, por ejemplo de hasta 30 °C.

La realización preferida de la invención implementa una redundancia adicional si los bastidores se montan espalda con espalda. En caso de que se mezcle aire frío de las dos filas de bastidores en el pasillo entre los bastidores. Las dos filas de bastidores pueden hacerse fácilmente independientes mediante el uso de tuberías y bombas independientes. En caso de que una fila entera de bastidores falle durante una fuga catastrófica o un fallo de todas las bombas redundantes, el aire que sale de los bastidores conectado al sistema de refrigeración que falla elevará lentamente su temperatura hasta que se alcance la temperatura del aire de salida de los servidores, que es normalmente 10 K más alta que la temperatura ambiente. Para un bastidor con un consumo de potencia de 10 kW la elevación de temperatura es de aproximadamente 3 K por hora. El aire caliente que sale de la fila de bastidores con el sistema de refrigeración fallando se mezcla con el aire de la fila de bastidores opuesta. Por lo tanto la temperatura del aire en el interior del pasillo es como promedio solamente 5 K más caliente que la temperatura ambiente. Esta elevación de temperatura puede compensarse mediante la disminución del suministro de agua fría a la fila de bastidores con el sistema de refrigeración en funcionamiento.

La eficiencia del servicio de alimentación (PUE) usada en conexión con la presente invención se define en "Data Center Efficiency Metrics - PUE™, Partial PUE, ERE, DCcE" (2011) por Dan Azevedo, Jud Cooley, Michael Patterson y Mark Blackburn publicado en www.thegreengrid.org. La contribución más larga de lejos a la sobrecarga de la alimentación de un centro de datos es la refrigeración. Las contribuciones adicionales son transformaciones eléctricas y distribuciones, generación de alimentación de reserva, tales como sistemas de reserva de baterías, acondicionamiento de aire y similares. La invención presentada permite la reducción de la sobrecarga de refrigeración a un mínimo. El presente método permite la operación del centro de datos con una eficiencia del servicio de alimentación (PUE) de como mucho 1,3, preferentemente como mucho 1,2, más preferido como mucho 1,15, en particular como mucho 1,1.

En lo que sigue, se describirá en detalle la invención haciendo referencia a los dibujos en los que:

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un centro de datos en operación de acuerdo con el presente método.

En la realización ilustrada de la figura 1, cualquiera de los bastidores (202) comprende una unidad de intercambio de calor (206), que está equipada con un intercambiador de calor (207). Los medios activos, tales como el ventilador de refrigeración de la CPU, de los equipos informáticos (200) facilitan un flujo de aire (205) en el interior del bastidor (202) hacia la unidad de intercambio de calor (206). Las unidades de intercambio de calor (206) están todas ellas acopladas a unas tuberías (203/204) que transportan un refrigerante líquido, por ejemplo agua, a cualquiera de los bastidores (202).

El refrigerante suministrado por medio de una tubería (203/204) es beneficioso porque los diversos bastidores (202) son totalmente pasivos y ya no tienen que diseñarse como bastidores cerrados. Más aún, la disipación de calor al exterior de los diversos bastidores (202) puede reducirse efectivamente a un mínimo o incluso evitarse completamente. Por ello, ya no es necesario controlar la corriente de aire global en el interior de la estructura del edificio. En esta forma puede eliminarse de modo efectivo la generación de puntos calientes que podría deberse a un flujo de aire de alguna forma incontrolado en el exterior de los bastidores (202).

Adicionalmente, la producción del flujo de aire de la estructura del edificio del centro de datos ya no tiene que controlarse activamente, dado que la temperatura ambiente alrededor de los bastidores (202) se mantiene en un nivel relativamente frío en comparación con la temperatura en el interior de los bastidores (202).

Para implementar la tolerancia a fallos sobre la infraestructura de refrigeración, los bastidores (202) pueden operarse de una forma uniforme/antigua, en la que cada dos bastidores se conectan a las mismas tuberías, concretamente o bien al primer o bien al segundo primer circuito de refrigeración redundante. En esta forma, pueden mantenerse dos primeros circuitos de refrigeración redundantes que proporcionan una capacidad refrigeración residual.

En caso de fallo, por ejemplo debido a una fuga en las tuberías (203/204), un bastidor particular puede desacoplarse selectivamente del sistema de tuberías (203/204).

Dado que no hay un requisito para guiar cualquier aire a través de la estructura del centro de datos, tal como el espacio que aloja a la multiplicidad de bastidores, los equipos informáticos (200) que contienen los bastidores (202) pueden colocarse en cualquier disposición arbitraria. Un centro de datos dentro del significado de la presente invención contiene más de un bastidor (202).

La elevación de la temperatura ambiente en el centro de datos eleva por lo tanto la temperatura del refrigerante fluido, en particular del agua de refrigeración, lo que directamente incrementa la eficiencia de refrigeración del refrigerante fluido calentado, en particular el agua de refrigeración calentada.

5 Lista de referencias de los números de referencia:

- 200 equipos informáticos
- 201 suelo de rejilla
- 202 bastidor
- 10 203/204 sistema de tuberías para el primer circuito de refrigeración
- 205 flujo de aire en el interior del bastidor, únicamente creado por medios activos contenidos en los equipos informáticos
- 206 unidad de intercambio de calor
- 207 intercambiador de calor

15

Ejemplo 1

Un centro de datos, que aloja un ordenador de alto rendimiento que consume 500 kW de potencia y que se instala en 34 bastidores cada uno de 19 pulgadas y que tiene 42 unidades de altura. Los bastidores tienen una profundidad de 1,2 m y 70 cm de ancho. El espacio del suelo del bastidor requiere menos de 100 m² de área neta.

20

La infraestructura de refrigeración consiste principalmente en dos circuitos de refrigeración, conectados mediante un intercambiador de calor. El primer circuito de refrigeración transfiere el calor generado en los bastidores de 19 pulgadas del centro de datos a un intercambiador de calor, que es refrigerado a su vez por el circuito secundario. El circuito de refrigeración secundario usa dos torres de refrigeración húmedas a contra flujo, de tiro indirecto de 313 kW, en donde el agua de reemplazo es tomada de un río vecino. Toda la infraestructura de refrigeración se monta en el interior de un contenedor de 6,1 m (20 pies) con dos torres de refrigeración montadas sobre el techo. Dichas torres pueden mantenerse y limpiarse de una en una mientras el sistema de refrigeración permanece activo pero a potencia reducida. Debería observarse que este esquema requiere un mínimo de potencia del ordenador de 50 kW para evitar la congelación de los sistemas de refrigeración durante el invierno. Se instala una infraestructura de drenaje del agua de emergencia.

25

30

Todo el sistema de refrigeración implementa tres consumidores eléctricos: la bomba secundaria (6 kW), la bomba del primer circuito de refrigeración (28 kW) y un ventilador en cada torre de refrigeración (4,5 kW cada uno). Mientras que la potencia del ventilador puede controlarse, cuando los ventiladores no se requieren en una temperatura exterior por debajo de 15 °C, las dos bombas de agua se configuran para funcionar con una corriente de volumen constante, fijo de 150 m³/h en el secundario y 220 m³/h en el primer circuito de refrigeración. El caudal de agua en el primer circuito de refrigeración es suficiente para enfriar una potencia de 900 kW, mientras que el circuito secundario soporta hasta dos veces 313 kW hasta el momento. Es posible una actualización del sistema a una potencia total de 900 kW mediante la adición de una torre de refrigeración adicional a la infraestructura existente. Con la suposición de una utilización típica del 35 % para los ventiladores de la torre de refrigeración y una potencia HPC máxima de 500 kW, se tiene como resultado una sobrecarga de refrigeración promedio del 7,4 % o PUE = 1,074. En caso de un sistema de refrigeración totalmente utilizado con una carga de potencia de 900 kW, la sobrecarga de refrigeración sería del 4,9 % o PUE = 1,049. Se pueden concebir optimizaciones adicionales en particular en el caso de la bomba secundaria. En caso de esta implementación la bomba tiene que impulsar la corriente de volumen a una distancia mayor de 120 m debido a que el contenedor de refrigeración podría no colocarse próximo a la sala del centro de datos.

35

40

45

Ejemplo 2

50

Un contenedor de centro de datos móvil que tiene 3 m de ancho, 2,9 m de alto y 12,2 m de longitud está equipado con 13 bastidores de 19 pulgadas, teniendo cada uno equipos informáticos que funcionan a 35 kW. La potencia total de 455 kW se refrigera por un enfriador híbrido. La bomba de agua requiere 10 kW y el enfriador híbrido requiere 6 kW adicionales, lo que da como resultado en una eficiencia del servicio de alimentación de PUE = 1,035.

REIVINDICACIONES

1. Método para la operación de un centro de datos con una eficiencia del servicio de alimentación PUE de como mucho 1,3 que comprende:

- 5 (i) un edificio para alojamiento de una multiplicidad de bastidores (202), siendo cada bastidor un bastidor abierto que aloja equipos informáticos,
 (ii) siendo los bastidores (202) un bastidor abierto que aloja equipos informáticos (200)
 10 (iii) los bastidores (202) comprenden medios de intercambio de calor (206, 207) que están adaptados para transferir el calor generado por los equipos informáticos a un refrigerante fluido, siendo dichos medios de intercambio de calor un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores, estando situados preferentemente en el lado posterior o en un elemento de los bastidores,
 (iv) al menos un primer circuito de refrigeración (203/204), siendo dicho circuito refrigeración un circuito de refrigeración cerrado, que está adaptado para suministrar a los medios de intercambio de calor (206, 207) de los
 15 bastidores (202) un refrigerante fluido y está adaptado adicionalmente para transportar el refrigerante calentado fuera de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) mediante el reflujó del circuito refrigerante,
 (v) estando conectado dicho primer circuito refrigerante (203/204) a una fuente que proporciona frío, estando localizada dicha fuente fuera del espacio que aloja la multiplicidad de bastidores,
 20 (vi) los equipos informáticos (200) localizados en los bastidores (202) respectivos tienen medios activos, preferentemente ventiladores, para la refrigeración de partes de los equipos informáticos (200), preferentemente la CPU y/o GPU y/o un hardware de almacenamiento, creando dichos medios activos un flujo de aire (205) en el bastidor (202) hacia los medios de intercambio de calor (206, 207) que son un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores, estando situados preferentemente en el lado posterior o en un elemento de los
 25 bastidores (202),
 (vii) no teniendo dichos bastidores (202) ningún otro medio activo, en particular ventiladores, excepto los contenidos dentro de los equipos informáticos anteriormente mencionados (200), para la creación de un flujo de aire (205) en el bastidor (202) hacia los medios de intercambio de calor (206, 207) que son un elemento de los bastidores o un elemento fijado a los bastidores, estando situados preferentemente en el lado posterior o en un
 30 elemento de los bastidores (202),
 (viii) no comprendiendo dicho edificio para alojamiento de la multiplicidad de bastidores (202) ningún otro medio activo, excepto aquellos contenidos dentro de los equipos informáticos (200) anteriormente mencionados, para la creación de un flujo de aire guiado,
 (ix) al menos una entrada de alimentación eléctrica,
 35 (x) al menos un medio para la distribución de la alimentación eléctrica desde la entrada de alimentación a los bastidores individuales, permitiendo fuentes de alimentación redundantes en cada bastidor,

comprendiendo las medidas de

- 40 (a) proporcionar un refrigerante fluido desde la fuente que proporciona frío a los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) dentro del primer circuito refrigerante, entrando dicho flujo de entrada de refrigerante fluido en los medios de intercambio de calor (206, 207) a una temperatura de 1 K a 5 K, preferentemente de 1 K a 3 K, más preferido de 1 K a 2 K, por debajo de la temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202),
 45 (b) controlar el flujo de refrigerante fluido dentro del primer circuito de refrigerante (203, 204) que está adaptado para suministrar a los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) para mantener la temperatura del fluido refrigerante que entra en los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) (flujo de entrada) a una temperatura de 1 K a 5 K, preferentemente de 1 K a 3 K, más preferido de 1 K a 2 K, por debajo de la temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202),
 50 (c) transportar el refrigerante fluido calentado que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) (flujo de retorno) a la fuente que proporciona frío, estando localizada dicha fuente fuera del espacio que aloja la multiplicidad de bastidores, para eliminar el calor del refrigerante fluido calentado a una temperatura de 1 K a 5 K, preferentemente de 1 K a 3 K, más preferido de 1 K a 2 K, por debajo de la temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido y que devuelve el refrigerante fluido hacia el al menos un
 55 primer circuito refrigerante y
 (d) el método para la operación del centro de datos no opera ningún acondicionador de aire adicional dado que la función de refrigeración es asumida completamente por las unidades de intercambio de calor de los bastidores.

60 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la densidad de potencia de los equipos informáticos en los bastidores es de al menos 5 kW (eléctricos) por bastidor, más preferido al menos 8 kW (eléctricos) por bastidor, más preferido al menos 10 kW (eléctricos) por bastidor.

65 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los bastidores (202) están dispuestos como centros de datos dispuestos bidimensionalmente, en el que los bastidores se encuentran en un nivel, o como centros de datos dispuestos tridimensionalmente, en el que los bastidores (202) se encuentran en más de un nivel dentro del centro

de datos.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la densidad de potencia de los equipos informáticos (200) instalados y en operación dentro de los bastidores (202) crea una tasa de disipación de calor volumétrica que
5 corresponde a al menos 5 kW/m^2 , preferentemente a al menos aproximadamente 10 kW/m^2 , más preferido a al menos aproximadamente 20 kW/m^2 .
5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la temperatura ambiente del espacio que aloja la
10 multiplicidad de bastidores (202) es aproximadamente +2 K, preferentemente +1 K, más preferentemente +0,5 K, el más preferido aproximadamente la misma, que la temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido del primer circuito de refrigeración.
6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la fuente de frío proporciona la refrigeración posterior a
15 través de (i) fuentes de agua fría externas, preferentemente agua subterránea o de superficie, (ii) refrigeración por evaporación que funciona basándose en el principio de la evaporación, incluyendo torres de refrigeración por evaporación con o sin torres de refrigeración abiertas, (iii) enfriadores híbridos o (iv) enfriadores secos.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el refrigerante fluido que entra en el centro de datos para
20 refrigeración a través de al menos un circuito de refrigeración tiene una temperatura como mucho 0,2 K por debajo de la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor (206, 207).
8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido
25 del primer circuito de refrigeración está como mucho 3 K, preferentemente como mucho 2 K, más preferido como mucho 1 K, por encima de la temperatura suministrada por la fuente de frío que entra en el centro de datos para densidades de potencia de hasta 10 kW (eléctricos) por bastidor o en el que la temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido del primer circuito refrigerante está como mucho 4 K, preferentemente como mucho 3 K, por encima de la temperatura suministrada por la fuente de frío que entra en el centro de datos para densidades de potencia totales de al menos 10 kW (eléctricos) por bastidor.
9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el método para el funcionamiento del centro de datos no
30 tiene ningún otro medio activo, en particular ventiladores, para la creación de un flujo de aire (205) en el bastidor hacia los medios de intercambio de calor excepto dichos medios activos que están presentes en los equipos informáticos situados en el bastidor.
10. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los medios activos, en particular ventiladores, que están
35 presentes en los equipos informáticos (200) crean un flujo de aire (205) en el bastidor hacia los medios de intercambio de calor, lo que corresponde a una corriente de volumen de aire de 100 a $600 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{kW})$, lo que corresponde a al menos $0,5 \text{ m/s}$, preferentemente de al menos $0,8 \text{ m/s}$, en particular de al menos $1,1 \text{ m/s}$.
11. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los medios activos, en particular ventiladores, que están
40 presentes en los equipos informáticos (200) crean un flujo de aire (205) en el bastidor hacia los medios de intercambio de calor, lo que crea una contrapresión en el intercambiador de calor que corresponde al máximo de 10 Pa por caudal de aire correspondiente de hasta $0,5 \text{ m/s}$, preferentemente al máximo de 16 Pa para caudal de aire correspondiente de hasta $0,8 \text{ m/s}$, más preferido al máximo de 20 Pa para caudal de aire correspondiente de hasta
45 $1,1 \text{ m/s}$.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la caída de presión a través del intercambiador de calor
50 se fija por debajo de 22 kPa para una corriente de volumen de $3 \text{ m}^3/\text{h}$ del refrigerante fluido, preferentemente agua, preferentemente por debajo de 54 kPa para $5 \text{ m}^3/\text{h}$ del refrigerante fluido, preferentemente agua, más preferido por debajo de 200 kPa para $10 \text{ m}^3/\text{h}$ del refrigerante fluido, preferentemente agua.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el caudal para el refrigerante fluido, preferentemente
55 agua, se establece desde $0,9 \text{ m}^3$ por hora y por kilovatio instalado y en funcionamiento para una diferencia de 1 K y a $0,17 \text{ m}^3$ por hora y por kilovatio instalado y en funcionamiento para una diferencia de 5 K .
14. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la temperatura del refrigerante fluido que entra en los
60 medios de intercambio de calor (206, 207) se ajusta a $0,1$ a $0,5 \text{ K}$ por kilovatio instalado y en funcionamiento por bastidor no superando 10 kW por bastidor, por debajo de la temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202) o en donde la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor (206, 207) se ajusta a $0,1$ a $0,2 \text{ K}$ por kilovatio
65 instalado y en operación por bastidor que llegue a entre 10 kW y 25 kW por bastidor, por debajo de la temperatura del flujo de retorno del refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202), o en donde la temperatura del refrigerante fluido que entra en los medios de intercambio de calor (206, 207) se ajusta a $0,1$ a $0,125 \text{ K}$ por kilovatio instalado y en funcionamiento por bastidor que llegue por encima de 25 kW por bastidor, por debajo de la temperatura del flujo de retorno de refrigerante fluido que sale de los medios de intercambio de calor (206, 207) de los bastidores (202).

Figura 1

