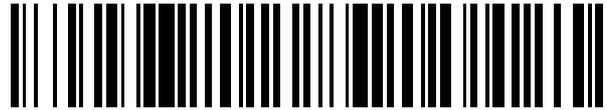


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 092**

51 Int. Cl.:

B66B 1/20 (2006.01)

B66B 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2004** **E 04791424 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.02.2015** **EP 1680345**

54 Título: **Método y dispositivo para controlar un grupo de ascensores**

30 Prioridad:

03.11.2003 FI 20031589

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

10.03.2015

73 Titular/es:

**KONE CORPORATION (100.0%)
KARTANONTIE 1
03300 HELSINKI, FI**

72 Inventor/es:

**TYNI, TAPIO y
YLINEN, JARI**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 531 092 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 y dispositivo para controlar un grupo de ascensores

CAMPO DEL INVENTO

5 El presente invento se refiere al control de un ascensor. En particular, el invento se refiere a un método y a un aparato para controlar un grupo de ascensores mediante la asignación de llamadas considerando un valor objetivo de tiempo de servicio y minimizando el consumo de energía.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

10 Entre muchas funciones diferentes, la función básica del control de un grupo de ascensores es la asignación de llamadas. El propósito de la asignación es distribuir las llamadas que han de ser servidas por las cabinas de ascensor de tal manera que uno de los indicadores que describe el sistema de ascensores es optimizado. Tradicionalmente, los indicadores utilizados más comúnmente se refieren a tiempos de llamada y tiempos de espera de pasajeros. Típicamente, los valores medios de éstos son calculados y sus distribuciones son determinadas. "Llamadas" se refiere en general a todas las llamadas emitidas, es decir, tanto las llamadas realizadas pulsando los botones de subida/bajada en los pisos de acceso como las llamadas de piso o planta de destino realizadas desde una cabina de ascensor. Las primeras son las llamadas de acceso y las últimas llamadas de cabina. Además, las llamadas incluyen las llamadas necesarias en el así denominado método de control de destino, que son emitidas a través de dispositivos de entrada de llamadas. En el método de control de destino, el usuario del ascensor indica su piso de destino al sistema ya en el vestíbulo del ascensor a través de un dispositivo de entrada de llamada, y en este caso no se necesita que se haga una llamada en la cabina del ascensor.

20 Hay distintos métodos de asignación de llamadas, y cada fabricante de ascensores tiene sus propios métodos para poner en práctica esta función. Sin embargo, una característica común a estos diferentes métodos es que emplean un número de parámetros característico para cada método, por medio de los cuales se controla la operación del método. El control puede ser puesto en práctica de modo que en diferentes situaciones de tráfico se aplica un conjunto de parámetros adecuados para la situación particular. Esto está diseñado para dar al sistema una posibilidad de adaptarse a la situación de tráfico predominante, por ejemplo una situación de pico de tráfico en el edificio.

30 En un método de control de la técnica anterior, un detector de tráfico vigila el funcionamiento y el estado del sistema de ascensores y determina el tipo de tráfico predominante. Las cosas que han de ser vigiladas incluyen típicamente las llamadas, las cargas de los ascensores y los estados de movimiento de los ascensores. Dependiendo del tipo de tráfico detectado, se introduce un conjunto de parámetros confeccionados a medida para este tipo de tráfico. Por ejemplo, un conjunto de parámetros para un tráfico de pico saliente puede dar un mayor peso a las llamadas emitidas desde los pisos del vestíbulo. Durante una condición de tráfico de pico, el objetivo puede ser dar un mayor peso para minimizar el tiempo de desplazamiento de los pasajeros en la cabina. Cuando el propósito es reducir al mínimo dos o más aspectos al mismo tiempo, este es un caso de optimización de múltiples objetivos.

35 Una dificultad en el método de la técnica anterior descrito más arriba es cómo definir los valores prácticos de cada conjunto de parámetros en el banco de parámetros correspondiente a diferentes situaciones de tráfico. Estos parámetros son sensibles a cosas como el tipo de edificio, el número de pisos, la distribución de los pasajeros entre los diferentes pisos del edificio, número de ascensores en el grupo y propiedades de los ascensores. Además, el tráfico real en el edificio varía, el número de usuarios del ascensor en diferentes pisos en el edificio no permanece constante a largo plazo, e inexactitudes, errores de detección y retrasos en la detección pueden ocurrir fácilmente durante el funcionamiento del detector de tráfico.

45 En la práctica, los conjuntos de parámetros almacenados en el banco de parámetros han de ser valores de compromiso asignados de tal manera que funcionen razonablemente bien en la mayoría de entregas sin necesidad de cambiar los parámetros posteriormente in situ. Estos valores de parámetro pueden haber sido ajustados, por ejemplo, sobre la base de una operación de simulación o la experiencia de un experto. Es obvio que este tipo de valores medios de parámetros no conducen al mejor funcionamiento posible del edificio, grupo de ascensores y situación del tráfico de que se trate en cada caso.

50 Otro problema al seleccionar el conjunto de parámetros sobre la base del tipo de tráfico es cómo elegir los aspectos que han de ser ponderados y cómo determinar los valores de ponderación. Es posible encontrar numerosos aspectos que han de ser optimizados, tales como el tiempo de llamada, el tiempo estimado de espera de pasajero, el tiempo para montar y el tiempo de desplazamiento, el número de paradas, la carga de la cabina, el número de cabinas simultáneas y las llamadas de acceso, etc. El problema que ha de ser resuelto es cuál de estos aspectos debe ser ponderado y en qué grado en cada situación de tráfico. Si se han seleccionado los aspectos y se han fijado de antemano los valores de ponderación, entonces esta es una elección hecha de antemano por el diseñador, que no corresponde necesariamente a las necesidades del propietario del edificio. Por otra parte, si los aspectos que han de ser optimizados no se han fijado de antemano, puede considerarse que al personal operativo del edificio se le permite una libertad para decidir por sí mismo acerca de la ponderación en diferentes situaciones de tráfico. Sin embargo, debido a la compleja naturaleza de los

ajustes y la materia en su conjunto, esta no es una alternativa razonable.

El documento WO 02/066356 describe un método para controlar un grupo de ascensores en el que la energía consumida por el sistema de ascensores es minimizada de tal manera que se cumple con el tiempo de servicio deseado de pasajeros de ascensor en promedio. En este método, se asigna un tiempo de servicio dado del grupo de ascensores a un valor objetivo para la asignación de llamadas. El tiempo de servicio utilizado puede ser, por ejemplo, el tiempo de llamada, el tiempo de espera del pasajero, el tiempo de desplazamiento o el tiempo que tardan de subirse los pasajeros.

En otras palabras, el método de control optimiza dos cantidades inconmensurables de diferentes tipos, es decir, tiempo de espera y consumo de energía. En el método de acuerdo con el documento WO 02/066356, para hacer estas cantidades conmensurables y comparables entre sí, los trayectos R de los ascensores son seleccionados de tal manera que se minimiza el término del coste.

$$C = W_T T_N(R) + W_E E_N(R) \tag{1}$$

$T_N(R)$ es una suma normalizada de tiempos de llamada para la alternativa de trayecto R y de forma correspondiente, $E_N(R)$ es un consumo de energía normalizado para la alternativa de trayecto R. W_T y W_E son los coeficientes de ponderación de los términos de coste antes mencionados, de tal manera que

$$0 \leq W_T \leq 1 \quad \text{y} \quad W_E = 1 - W_T \tag{2}$$

Los tiempos de espera individuales se distribuyen de manera exponencial, pero su suma $T(R)$ sigue aproximadamente una distribución normal, así permiten la aplicación de la normalización $T_N(R) = (T(R) - \mu_T) / \sigma_T$. De manera similar para el término de energía $E_N(R) = (E(R) - \mu_E) / \sigma_E$. Los valores μ esperados y las distribuciones medias σ son los indicadores para todo el conjunto de aspectos, es decir, para las alternativas de trayecto para los ascensores adaptados a la situación actual. En la práctica, como el número de alternativas de trayecto aumenta exponencialmente con el número de llamadas, las cantidades de muestra recorridas a: en lugar del valor esperado, se utilizan valores medios de muestra \bar{T} y \bar{E} , y en lugar de la distribución media, se utilizan distribuciones medias de muestra S_T y S_E . Como resultado,

$$T_N(R) \approx (T(R) - \bar{T}(R')) / S_T(R') \text{ y} \\ E_N(R) \approx (E(R) - \bar{E}(R')) / S_E(R') \tag{3}$$

donde R' es un número de alternativas de trayectos generadas aleatoriamente suficientes para producir estimaciones fiables para μ y σ . Después de la normalización, ambos objetivos de optimización siguen aproximadamente la distribución $N(0,1)$ y pueden así ser sumados sin problemas.

Cuando las llamadas son asignadas de esta manera, se puede distinguir en el funcionamiento del sistema dos situaciones extremas diferentes, es decir, $W_T = 1$ y $W_E = 0$, y por otra parte $W_T = 0$ y $W_E = 1$. En la primera situación, el sistema de optimización encuentra tales trayectos para los ascensores que el tiempo de espera total para las llamadas es tan corto como sea posible independientemente del consumo de energía. En la segunda situación, el sistema de optimización dispone los trayectos de tal manera que los ascensores consumirán tan poca energía como sea posible pero se desprecia el tiempo de espera total. Puede considerarse que la optimización de los tiempos de espera y la optimización del consumo de energía son objetivos contrarios, porque cuando sólo uno de los objetivos es optimizado, el otro objetivo sufre. Entre las situaciones extremas antes mencionadas, el punto de funcionamiento se puede mover de manera deslizante seleccionando los coeficientes de ponderación W_T y W_E de acuerdo con la ecuación (2).

Aunque ahora hay sólo dos aspectos que han de ser optimizados y cambiando las ponderaciones de estos es posible moverles de forma continua desde la optimización del tiempo de espera pura a la optimización de consumo de energía pura, queda la difícil cuestión de cómo definir los coeficientes de ponderación W_T y W_E . Los coeficientes de ponderación deberían ser ajustados sobre una base adecuada de tal manera que son aplicables a diferentes tipos de tráfico identificado e intensidades en la posición del sistema de ascensor en cuestión. En el método de la técnica anterior, el objetivo básico era asignar las llamadas de tal manera que el tiempo de servicio de un pasajero dado, tal como, por ejemplo, el tiempo de espera, se mantiene en un cierto nivel medio independientemente de la situación e intensidad del tráfico. Seleccionando los parámetros adecuados W_T y W_E para cada situación de tráfico, se alcanza el objetivo establecido con respecto al tiempo de espera. Al mismo tiempo, la cantidad de energía necesaria para transportar los pasajeros puede ser reducida porque no se hacen esfuerzos innecesarios para proporcionar un servicio más rápido a los clientes que el requerido por el ajuste del objetivo de tiempo de espera.

En el método de la técnica anterior, la identificación del tráfico y los conjuntos de parámetros ligados a ella son eliminados eficazmente por métodos conocidos a partir de la ingeniería de sistemas de control. La ingeniería de sistemas de control, es un objetivo para controlar un proceso de tal manera que la cantidad que ha de ser controlada permanece en su valor objetivo tanto tiempo como sea posible. La idea es comparar la cantidad controlada con un valor establecido y generar a partir del error entre éstos una cantidad de control que puede ser utilizada para dirigir el funcionamiento del sistema en la dirección correcta de manera que el error entre el valor establecido y la cantidad controlada desaparezca.

Es deseable que el tiempo medio de espera de los pasajeros que se desplazan en el sistema de ascensores pueda ser controlado. En la técnica anterior, las mediciones en tiempo real de esta cantidad son obtenidas a través de botones de llamada para el acceso. Una llamada es activada cuando un pasajero que entra en el sistema emite la llamada, y es eliminada cuando el ascensor al que se ha asignado comienza a decelerar hasta el piso y simultáneamente restaura la llamada. Los tiempos de llamada individuales así realizados son comparados con un tiempo objetivo establecido.

Como los resultados de estas mediciones de tiempo de llamada individuales varían a lo largo de margen de tiempo amplio desde cero a valores tan elevados como más de 90 segundos, el método de la técnica anterior utiliza sólo el bloque de integración de los tres posibles bloques de un controlador PID. El bloque de integración acciona el error medio a cero. En el método de control, ha de seleccionarse una constante de tiempo de integración suficientemente larga para asegurar que una medición individual que difiere significativamente del valor medio no tendrá un efecto excesivo sobre el control, pero la constante de tiempo tiene que ser lo bastante corta para permitir al sistema reaccionar a los cambios que ocurren en el tipo e intensidad de tráfico.

A partir de la salida del controlador de integración, se obtiene directamente el coeficiente de ponderación W_E para la optimización del consumo de energía. A partir de esto se obtiene además el coeficiente de ponderación W_T para la optimización del tiempo de espera de acuerdo con la ecuación (2). Se puede pensar que, en una situación en la que el tiempo de llamada medido real es el mismo que el valor objetivo del tiempo de llamada, los tiempos de llamada han sido perfectamente optimizados sin tener en cuenta el consumo de energía. En este caso, el valor cero a la salida del controlador también es el coeficiente de ponderación utilizado para el consumo de energía. Si, por ejemplo, el promedio de los tiempos de llamadas reales se desplaza a un nivel más bajo que el objetivo, en otras palabras, si el sistema está dando servicio muy bien en comparación con el objetivo establecido en la optimización, por ejemplo, debido a la situación de tráfico más tranquilo, entonces el error resultará mayor. Como consecuencia, el coeficiente de ponderación W_E aumenta y W_T disminuye, de manera que los tiempos de espera indicados por la característica de tiempo de espera resultan más largos, en otras palabras, el significado del consumo de energía en la selección de alternativas de trayectos aumenta y el significado de los tiempos de llamada disminuye.

La asignación real de los ascensores a las llamadas emitidas, es decir, los cálculos para encontrar la alternativa de trayecto más óptima para los ascensores del sistema de ascensor son realizados por un optimizador. El optimizador recibe como datos de entrada los coeficientes de ponderación calculados por el controlador. Además, el optimizador es suministrado con información relativa a la posición de cada ascensor en el sistema de ascensores, si el ascensor está transportando pasajeros actualmente, yendo a dar servicio a una llamada de acceso o si está en una posición de reposo. Basándose en el estado de movimiento y en la posición de los ascensores y las llamadas existentes, el optimizador calcula el valor de una función de coste para las posibles alternativas de trayecto para los ascensores y proporciona una salida que da al sistema de control información relativa al trayecto del ascensor que minimizará la función de coste. El modelo de un ascensor en el sistema de ascensores debe obedecer a las mismas reglas de comportamiento que el ascensor real.

Mediante el método de la técnica anterior para controlar un grupo de ascensores, cuando el tiempo objetivo es de 20 segundos, es posible obtener un ahorro de energía del 30 al 40% en comparación con la optimización de tiempo de espera pura con 0 segundos como el tiempo objetivo. Como el objetivo de tiempo de espera en el método de la técnica anterior puede ser comprendido y percibido fácilmente, es posible hacer una interfaz de usuario simple para ello y el establecimiento del tiempo de espera objetivo puede incluso ser encargado al personal del edificio. También es posible crear un calendario programable de tiempos de espera, permitiendo ajustar diferentes objetivos de tiempo de servicio para diferentes días de la semana y momentos del día.

El funcionamiento del método de la técnica anterior para controlar un grupo de ascensores puede ser mejorado. El problema surge a partir del hecho de que la cantidad medida en el método de la técnica anterior son los tiempos de llamada reales. Estos tiempos de llamada reales medidos son muy variables, en otras palabras, la desviación estándar de los tiempos de llamada es relativamente grande. De esto se deduce que el optimizador es incapaz de funcionar de la mejor manera posible. Si fuera posible predecir con una precisión suficiente cuando aparecen los tiempos de llamada del ascensor en el futuro cercano, entonces podrían reducirse los retrasos de cálculo del método de la técnica anterior y, por tanto, el optimizador podría realizar los cálculos de una manera más eficiente. Si, adicionalmente, pudiera reducirse la desviación estándar de los tiempos de llamada incluidos en la predicción, entonces podría mejorarse el rendimiento del optimizador. Estas mejoras pueden ser puestas en práctica mediante la aplicación del presente invento.

OBJETO DEL INVENTO

El objeto del presente invento es mejorar la construcción y el funcionamiento del controlador de la técnica anterior y del optimizador controlado por él y reducir así la energía consumida por el sistema de ascensores cuando se satisface el objetivo de tiempo de servicio establecido en promedio.

En cuanto a las características del invento, se hace referencia a las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL INVENTO

El presente invento describe una extensión al método de control del grupo de ascensores descrito en el documento WO 02/066356. En el método de acuerdo con dicho documento, se establece un valor objetivo para un tiempo de servicio de pasajero del ascensor deseado. Este tiempo de servicio puede ser, por ejemplo el tiempo de llamada, el tiempo de espera del pasajero, el tiempo de desplazamiento, el tiempo que tardan en subir o el valor medio de uno de los tiempos mencionados anteriormente. Además, puede establecerse que el valor objetivo sea variable según los momentos del día, días de la semana y los períodos de vacaciones. El sistema de control comprende un optimizador, que selecciona los trayectos para los ascensores del sistema de ascensores de tal manera que el tiempo de servicio permanece en su valor objetivo en un promedio mientras al mismo tiempo el consumo de energía del sistema de ascensor está en un mínimo. En la práctica, en la condición de límite de satisfacer el tiempo de servicio medio, el optimizador minimiza una función de coste en la que se suman un término de tiempo de servicio y un término de consumo de energía, normalizados con los coeficientes de ponderación establecidos. Los tiempos de servicio conseguidos realmente son medidos y comparados al valor objetivo establecido en una calculadora de errores. La salida de la calculadora de errores está conectada, por ejemplo, a un controlador PID, en el que se calcula el coeficiente de ponderación antes mencionado para el término de consumo de energía. A partir de este coeficiente de ponderación, es además posible calcular el coeficiente de ponderación antes mencionado para el término de tiempo de servicio. Los coeficientes de ponderación son suministrados al optimizador de la función de coste. La información relativa a los trayectos de ascensor calculados por el optimizador son transferidas al controlador del sistema de ascensores.

En la extensión del invento al documento WO 02/066356, el optimizador de la función de coste está conectado a un modelo del sistema de ascensores. Mediante este modelo, es posible predecir qué clase de tiempos de servicio proporcionará el sistema de ascensores en el futuro cercano. Así, el ajuste real puede ser puesto en práctica de forma anticipada y se consigue un mejor rendimiento del optimizador de la función de coste. Además, se obtiene una predicción de tiempo de servicio observando las llamadas de acceso activas, y combinando esta información con la información obtenida a partir del modelo del sistema de ascensores es posible estimar un tiempo de servicio promedio.

En una realización comprensiva y ortodoxa del método del presente invento, todas las alternativas de trayecto posibles para los ascensores son generadas bajo condiciones límite obtenidas sobre la base de la posición y del estado de movimiento de los ascensores en el momento relevante y las llamadas existentes. Después de esto, se define una función de coste con el tiempo de servicio medio para la alternativa de trayecto y el consumo de energía requerido por la alternativa de trayecto como variables. Después de esto, se llevan a cabo cálculos para encontrar un conjunto de soluciones denominadas de Pareto-óptimas, la totalidad de las cuales son mejores soluciones en el sentido de que cuando una solución es reemplazada por otra, al menos uno de los objetivos cambia a peor. El conjunto de Pareto-óptimo contiene las alternativas de trayecto que implican el consumo de energía más bajo. Finalmente, se selecciona a partir de este conjunto la alternativa de trayecto individual que implementará el tiempo de servicio medio deseado. Los ascensores son asignados a las llamadas activas existentes de acuerdo con la solución de alternativa de trayecto así obtenida.

En comparación con el método de acuerdo con el documento WO 02/066356, el presente invento tiene la ventaja de que puede reducirse además el consumo de energía debido al rendimiento mejorado del optimizador. Los costes operativos en los que ha incurrido el propietario del edificio pueden así ser reducidos, y los costes de mantenimiento del sistema de ascensores son reducidos de modo similar.

LISTA DE FIGURAS

A continuación, se describirá el invento de forma detallada con referencia a unos pocos ejemplos y al dibujo adjunto, en el que

La fig. 1 presenta un ejemplo de un sistema en el que se ha aplicado el método del presente invento,

La fig. 2 presenta un diagrama de bloques que representa el método del presente invento, y

La fig. 3 presenta un ejemplo de la estructura interna de la lógica de control utilizada en el invento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL INVENTO

La fig. 1 presenta un ejemplo de un sistema requerido por el presente invento. El núcleo del sistema es una lógica de control 11, que puede ser implementada, por ejemplo, como un programa de ordenador que se puede ejecutar en un ordenador. Todas las funciones de cálculo relacionadas con el invento son llevadas a cabo en la lógica de control. Un valor objetivo de un tiempo de servicio deseado es introducido a la lógica de control por el operador 10 del sistema. En el presente invento, el tiempo de servicio puede ser, por ejemplo, el tiempo de llamada, el tiempo de espera del pasajero, el tiempo de desplazamiento o el tiempo de subida del pasajero. El tiempo de servicio también puede referirse a los valores medios de los tiempos antes mencionados, tales como por ejemplo el tiempo de llamada medio. Típicamente, el tiempo de servicio utilizado es el tiempo de espera, que se define como el intervalo de tiempo desde el instante en el que se aprieta un botón de llamada de acceso hasta la llegada del ascensor. El sistema comprende, naturalmente, al menos un ascensor 14. En la práctica, los movimientos de los ascensores son tenidos en cuenta por un controlador 13 de ascensores, que recibe información precisa relativa al encaminamiento optimizado de cada ascensor desde la lógica de

control 11, que calcula la mejor alternativa de trayecto para cada ascensor 14 en el sistema de ascensores en tiempo real. El sistema comprende adicionalmente sensores y otros medios de detección utilizados para medir el estado actual 12 del sistema de ascensores. Estas cantidades que han de ser medidas incluyen la carga de la cabina del ascensor, la posición y el estado de movimiento de cada ascensor, las llamadas de acceso activas, las llamadas de cabina y las llamadas necesarias para el control de destino en cada ascensor y posiblemente también la fotocélula de las puertas del ascensor. Además, el tiempo de servicio real seleccionado, en este ejemplo el tiempo de espera del pasajero, es observado en tiempo real.

El método principal de acuerdo con el presente invento, puesto en práctica utilizando una lógica de control 11, es presentado como un diagrama de bloques en la fig. 2. Los componentes físicos que ponen en práctica el método dentro de la lógica de control son presentados en la fig. 3.

En el bloque 20, es establecido un valor objetivo para el tiempo de servicio. En el perfeccionamiento de acuerdo con el invento, se ha incorporado un modelo 35 del sistema de ascensores con el optimizador de la función de costes en el bloque 33. Este modelo 35 ha sido construido sobre la base de datos de estado 24 detectados acerca del sistema de ascensores en tiempo real para formar tan cerca como sea posible un equivalente del sistema de ascensores real del edificio en cuestión. Además de la optimización 25 de la función de coste de la técnica anterior, el modelo 35 es utilizado para predecir el tiempo de servicio seleccionado 25, tal como por ejemplo el tiempo de espera. En la práctica, la predicción es implementada observando llamadas activas de acceso, calculando a partir de estas los tiempos de servicio para cada llamada de acceso utilizando el modelo del sistema de ascensores, y calculando el valor medio de estos tiempos de servicio. El tiempo de servicio antes mencionado es predicho continuamente en tiempo real.

Los tiempos de llamada predichos obtenidos a partir del modelo 35 del sistema de ascensores son introducidos en un bloque estimador 34. La variación de los valores predichos se iguala de acuerdo con la ecuación (4) en el bloque 26

$$\hat{f}_{1,k} = \hat{f}_{1,k-1} + (\hat{f}_{1,k-1} - f_1(x_k^*)) \cdot G_E \quad (4)$$

dónde $\hat{f}_{1,k}$ es el elemento k-ésimo de la salida de estimador, $f_1(x_k^*)$ es el tiempo de llamada medio k-ésimo predicho y G_E es la ganancia del estimador. La salida del estimador es comparada en una calculadora de errores (sumador) 30 con un nivel de servicio requerido preestablecido f_1^* de acuerdo con la ecuación (5), a partir de la cual puede calcularse un error

$$e_k = f_1^* - \hat{f}_{1,k} \quad (5)$$

En el presente invento, el error es alimentado a un controlador PID 31. La salida del controlador es obtenida sumando tres términos de error. El primer término de error es directamente proporcional al término de error de entrada, el segundo término de error es directamente proporcional a la integral en el tiempo del término de error de entrada y el tercer término de error es directamente proporcional a la derivada en el tiempo del término de error de entrada. En el presente invento, se han utilizado en las ramas P e I, de manera que la salida del controlador 31 puede ser expresada por la ecuación

$$u(t) = u_p(t) + u_i(t) = G_p e(t) + G_i \int_{t_0}^t e(t) dt \quad (6)$$

donde $e(t)$ es el término de error, G_p y G_i son las ganancias de las ramas P e I, respectivamente, y t_0 es el instante de inicio de la ventana de tiempo observada por el controlador.

La operación del control 22 está diseñada para llevar la diferencia entre el valor objetivo preestablecido 20 (que es establecido por el operador 10 del sistema de ascensores) y el tiempo de llamada predicho (que es obtenido como la salida del bloque 26) a un valor próximo a cero. El controlador debería funcionar de tal manera que se adapte tanto a cambios internos dentro del proceso de control como a cambios externos. Un cambio externo es, por ejemplo, una variación a largo plazo en los números de clientes del ascensor. Un cambio interno puede ser, por ejemplo, la retirada de uno de los ascensores del grupo de ascensores por razones tales como el mantenimiento.

En el presente invento, la siguiente operación es el cálculo de los coeficientes de ponderación 23 para los términos de la función de coste. Esto se hace de la misma manera que en el método de la técnica anterior descrito anteriormente. La salida del controlador proporciona directamente el coeficiente de ponderación W_E para la optimización del consumo de energía. A partir de esto se obtiene además el coeficiente de ponderación W_T para la optimización del tiempo de espera de acuerdo con la ecuación (2). Estos coeficientes de ponderación son calculados por la calculadora 32.

El optimizador 33 minimiza la función de coste mencionada anteriormente de tal manera que se cumple el tiempo de servicio objetivo en promedio. Los objetivos de optimización, que en este ejemplo son el tiempo de espera y el consumo de energía del sistema de ascensores, son sometidos a normalización por una técnica de la técnica anterior. Después de la normalización, tanto los tiempos de funcionamiento como el consumo de energía tienen un valor medio cero y una

desviación estándar de la unidad. Así, estas cantidades de muy diferentes tipos son hechas conmensurables y, ponderadas por los coeficientes de ponderación calculados, pueden ser sumadas sin problemas. La función de coste C obtenida es de la forma general

$$C = \sum_{i=1}^k W_i \phi_i(x) \quad (7)$$

5 donde W_i es el coeficiente de ponderación y ϕ_i es el objetivo de optimización normalizado. Los coeficientes de ponderación deben satisfacer la condición de

$$\sum_{i=1}^k W_i = 1 \quad (8)$$

y tiene que ser naturalmente números no negativos.

10 Cuando el estado del sistema de ascensor cambia, es decir, por ejemplo, se emite una nueva llamada de acceso desde uno de los pisos, esto significa que los trayectos del ascensor han de ser calculados de nuevo de acuerdo con la situación predominante. En otras palabras, el optimizador ha de minimizar la función de coste de nuevo para las alternativas de trayecto del ascensor y seleccionar de estos trayectos el que minimizará la función de coste (7).

15 La información relativa a la alternativa 27 de trayecto del ascensor más ventajosa es transmitida a la sección de control del ascensor 29 (controlador 13 de los ascensores), que en la práctica implementa los movimientos de los ascensores 14 de acuerdo con las llamadas de acceso, las llamadas de cabina, las llamadas de control de destino y el resultado del trayecto optimizado. A partir del trayecto optimizado, también se puede calcular o medir el tiempo de servicio real 28 ofrecido por el sistema de ascensor, por ejemplo, para cada llamada.

20 Como la desviación estándar de la media de los tiempos de servicio predichos es sustancialmente menor que la desviación estándar de los tiempos de servicio medidos individuales, es posible mejorar el rendimiento del controlador y del optimizador 33 antes mencionados. El consumo de energía del sistema de ascensores puede así ser reducido a un nivel menor que en el método de control del grupo de ascensores de acuerdo con el documento WO 02/066356 aún, de manera que se satisfaga simultáneamente el valor objetivo establecido del tiempo de servicio en un promedio.

25 En una realización extensiva y ortodoxa del método del invento, todas las alternativas de trayecto posibles del ascensor son generadas en el optimizador 33 en condiciones límite obtenidas sobre la base de la posición y del estado de movimiento de los ascensores en el momento relevante y las llamadas existentes. "Llamadas" se refiere aún en general tanto a las llamadas de cabina, las llamadas de acceso como a las llamadas de control de destino. Después de esto, se define una función de coste con el tiempo de servicio medio para la alternativa de trayecto y el consumo de energía requerido por la alternativa de trayecto como variables en el optimizador 33. Estas variables son vectores en los que un elemento representa el servicio de una llamada en el sistema de ascensores. A continuación, el optimizador 33 realiza un
30 búsqueda para encontrar un conjunto de las denominadas soluciones de Pareto-óptimas en las que las soluciones individuales son todas mejores soluciones en el sentido de que, cuando una solución es reemplazada con otra, al menos uno de los objetivos cambia a peor. Sin embargo, en ningún caso todos los objetivos cambian a peor cuando dos soluciones en el conjunto de soluciones de Pareto-óptimas son comparadas entre sí. El conjunto resuelto de soluciones de Pareto-óptimas contiene las alternativas de trayecto que implican el consumo de energía más bajo. Este conjunto
35 comprende alternativas de trayecto que representan un número de tiempos de servicio medio diferentes. Finalmente, la alternativa de trayecto individual que implementará el tiempo de servicio medio deseado es seleccionada del conjunto. Los ascensores son asignados a las llamadas existentes de acuerdo con la solución de alternativa de trayecto así obtenida. Este método ortodoxo requiere una capacidad de cálculo elevada. Sin embargo, será posible implementar este método en poco tiempo a un coste razonable debido a que la capacidad de cálculo está creciendo continuamente de
40 forma rápida. Como la capacidad de cálculo impone limitaciones en la actualidad, la primera realización descrita del invento puede ser considerada como un ejemplo ideal de cooperación interactiva entre el "optimizador" y el "tomador de decisiones" llevados a cabo continuamente como una función de tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar un grupo de ascensores, en cuyo método las llamadas son asignadas cumpliendo un valor objetivo de un tiempo de servicio deseado y minimizando el consumo de energía, comprendiendo el método las operaciones de:

- 5 – generar posibles alternativas de trayecto del ascensor sobre la base del estado de los ascensores en el momento relevante y las llamadas existentes;
- se define una función de coste con el tiempo de servicio para la alternativa de trayecto y el consumo de energía requerido por la alternativa de trayecto como variables;
- se define un conjunto de soluciones de alternativa de trayecto que da el consumo de energía más bajo;
- 10 – se selecciona a partir del conjunto de soluciones así obtenidas, la solución que satisface el tiempo de servicio deseado; y
- las llamadas son asignadas a los ascensores de acuerdo con la solución antes mencionada;

cuyo método comprende además las operaciones de:

- asignar un valor objetivo a un tiempo de servicio dado del grupo de ascensores;
- 15 – predecir dicho tiempo de servicio sobre una base continua en un modelo del sistema de ascensores;
- calcular la diferencia entre dicho valor objetivo y dicho tiempo de servicio;
- calcular un coeficiente de ponderación para un consumo de energía normalizado y un coeficiente de ponderación para una suma normalizada de tiempos de servicio;
- 20 – sumar la suma normalizada de tiempos de servicio para la alternativa de trayecto considerada en la función de coste al consumo de energía normalizado provocado por dicha alternativa de trayecto con los coeficientes de ponderación calculados; y
- asignar las llamadas a los ascensores minimizando dicha función de coste de tal manera que se satisface el valor objetivo dado del tiempo de servicio.

25 2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por que el método comprende además una operación en la que el tiempo de servicio utilizado es el tiempo de llamada, el tiempo de espera del pasajero, el tiempo de desplazamiento, el tiempo de subida al ascensor, el tiempo de llamada medio, el tiempo medio de espera del pasajero o el tiempo medio de subida al ascensor.

30 3. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 y 2, caracterizado por que el método comprende además la operación de minimizar el valor absoluto de la diferencia antes mencionada mediante una técnica de ingeniería de control.

4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el método comprende además la operación de seleccionar los coeficientes de ponderación antes mencionados de manera que su suma es la unidad.

35 5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 4, caracterizado por que el método comprende además la operación de utilizar información relativa las posiciones, estado de movimiento, direcciones de desplazamiento y cargas de la cabina de los ascensores en el sistema de ascensores así como la información relativa a las llamadas de acceso, las llamadas de cabina y las llamadas proporcionadas a través de dispositivos de entrada de llamada en la minimización de coste antes mencionada.

40 6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 5, caracterizado por que el método comprende además la operación de utilizar información relativa a las llamadas de acceso activas en el momento relevante en la predicción del tiempo de servicio antes mencionado.

7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 6, caracterizado por que el método comprende además la operación de definir el valor objetivo antes mencionado de tal manera que será variable sobre la base de momentos del día, días de la semana y/o períodos de vacaciones.

45 8. Un sistema para controlar un grupo de ascensores, cuyo sistema asigna las llamadas cumpliendo un valor objetivo de un tiempo de servicio deseado y minimizando el consumo de energía, comprendiendo dicho sistema al menos un ascensor (14); un generador de alternativas de trayecto del ascensor para generar posibles alternativas de trayecto sobre la base del estado de los ascensores en el momento relevante y las llamadas existentes; un optimizador (33) para definir una función de coste, teniendo dicha función de coste el tiempo de servicio para la alternativa de trayecto y el consumo

- de energía requerido por la alternativa de trayecto como variables; un optimizador (33) para definir un conjunto de soluciones de alternativa de trayecto que dan el consumo de energía más bajo; un optimizador (33) para seleccionar la solución que satisface el tiempo de servicio deseado a partir del conjunto de soluciones así obtenidas; y un controlador (13) de los ascensores para asignar las llamadas a los ascensores de acuerdo con la solución antes mencionada, una
- 5 lógica de control (11) para establecer un valor objetivo para un tiempo de servicio dado del grupo de ascensores; un modelo (35) del sistema de ascensores para la predicción continua de dicho tiempo de servicio; una calculadora de errores (30) para calcular la diferencia entre dicho valor objetivo y dicho tiempo de servicio predicho; una calculadora (32) para calcular coeficientes de ponderación para un consumo de energía normalizado y una suma normalizada de tiempos de servicio; un optimizador (33) para calcular y optimizar la función de coste, siendo dicha función de coste la suma de la
- 10 suma normalizada de tiempos de servicio para la alternativa de trayecto en cuestión y el consumo de energía normalizado provocado por dicha alternativa de trayecto con los coeficientes de ponderación calculados; y un controlador (13) de los ascensores para asignar las llamadas a los ascensores de tal manera que la función de coste antes mencionada es minimizada y se satisface el valor objetivo dado del tiempo de servicio.
9. Un sistema según la reivindicación 8, caracterizado por que el sistema comprende además, una lógica de control (11) que recibe una entrada de tiempo de servicio compuesta de tiempo de llamada, tiempo de espera del pasajero, tiempo de desplazamiento, tiempo de subida al ascensor, tiempo de llamada medio, tiempo medio de espera del pasajero, tiempo de desplazamiento medio o tiempo medio de subida al ascensor.
- 15 10. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 8 y 9, caracterizado por que el sistema comprende además un controlador (13) para minimizar el valor absoluto de la diferencia antes mencionada.
- 20 11. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 8 a 10, caracterizado por que el sistema comprende además una calculadora de coeficientes de ponderación (32), que ha sido prevista para establecer la suma de los coeficientes de ponderación a la unidad.
- 25 12. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 8 a 11, caracterizado por que el sistema comprende además medios (12) para detectar el estado del sistema de ascensores para permitir información relativa a las posiciones, el estado de movimiento, las direcciones de desplazamiento y las cargas de la cabina de los ascensores en el sistema de ascensores así como información sobre las llamadas de acceso, las llamadas de cabina y las llamadas dadas a través de dispositivos de entrada de llamadas que han de ser utilizados en la minimización de la función de coste antes mencionada.
- 30 13. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que el sistema comprende además un modelo (35) del sistema de ascensores, que utiliza la información relativa a las llamadas de acceso activas en el momento relevante en la predicción del tiempo de servicio antes mencionado.
- 35 14. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 9 a 13, caracterizado por que el sistema comprende además una lógica de control (11) que recibe el valor objetivo antes mencionado como una entrada, que es definido para que sea variable sobre la base de momentos del día, días de la semana y/o períodos de vacaciones.

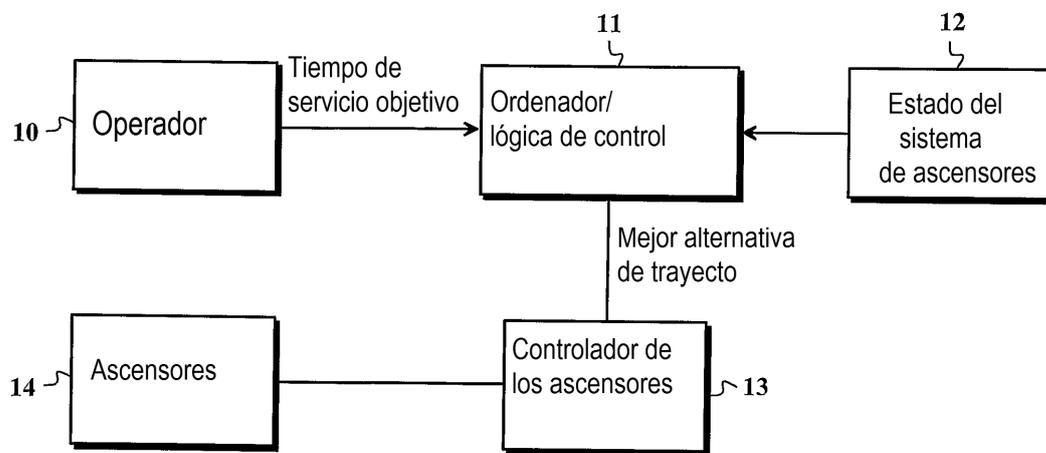


FIG. 1

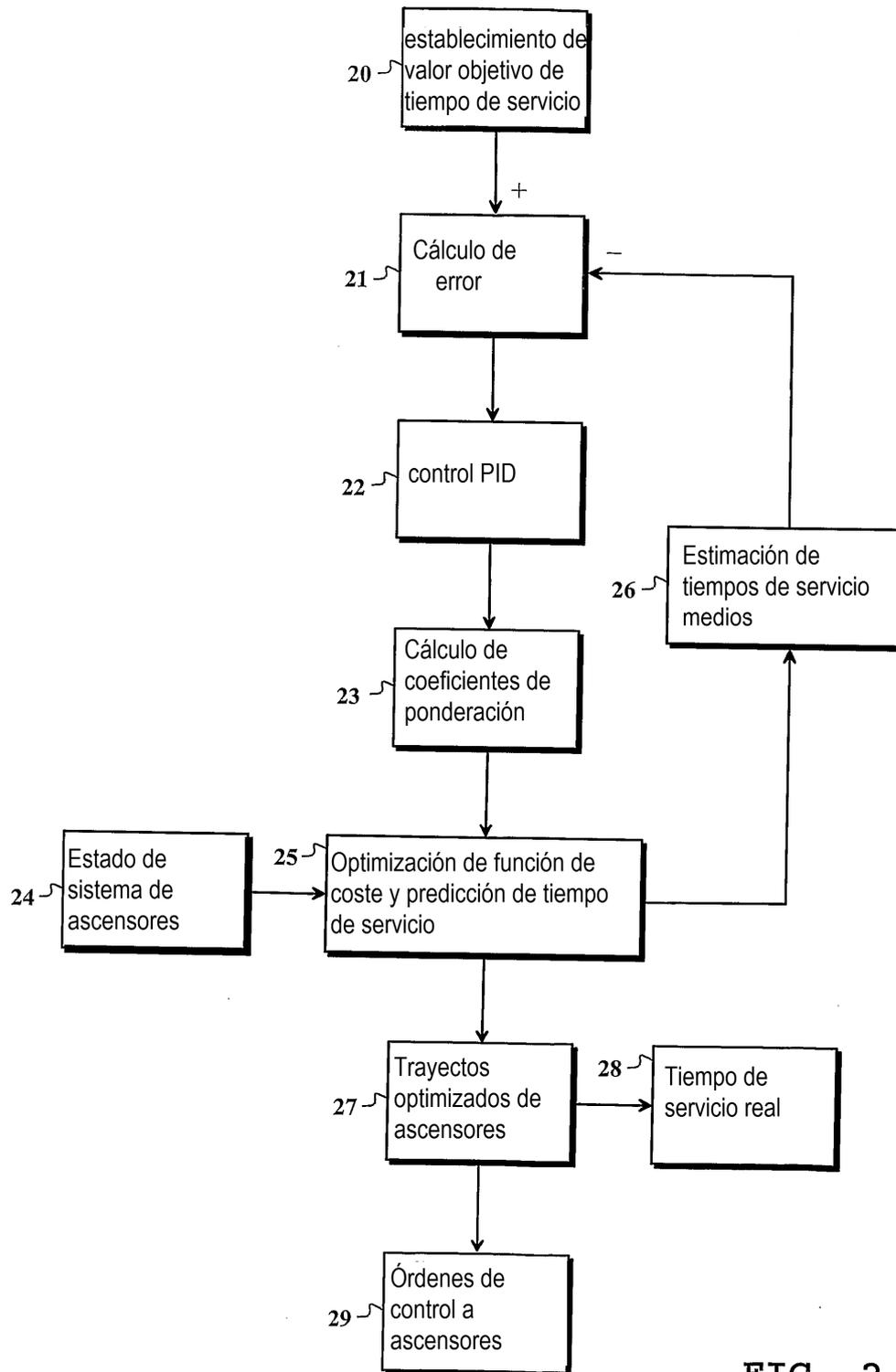


FIG. 2

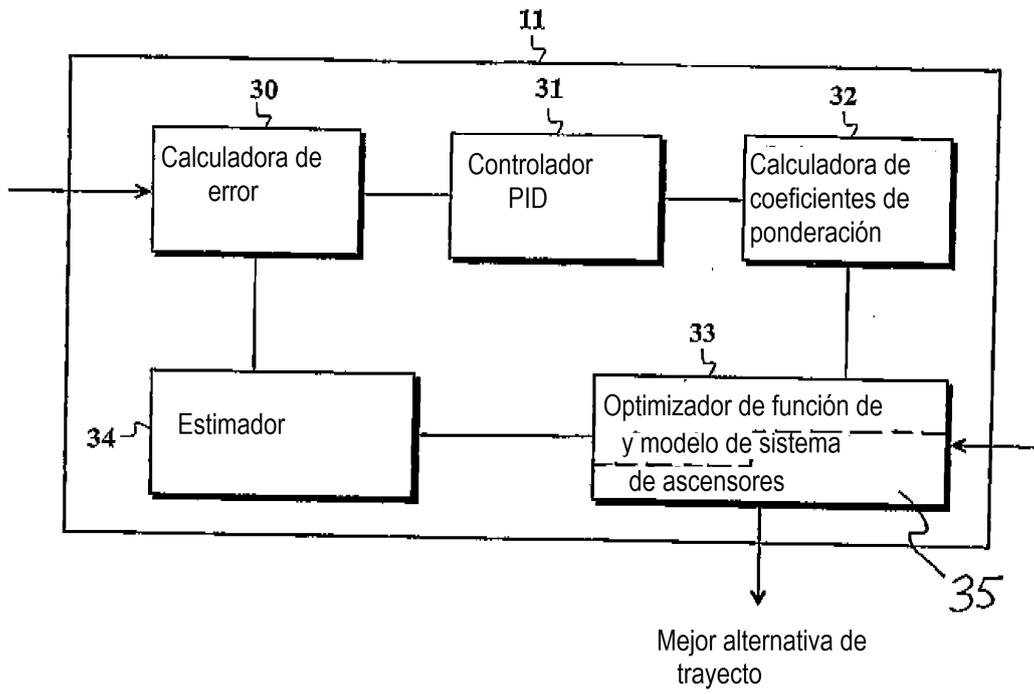


FIG. 3