



HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Electronics, Communications and Automation
Department of Automation and Systems Technology

Julio Cordón Muñoz

Diseño preliminar de un robot extintor de incendios que se desplaza por el techo



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Datos de interés:

- Autor del Proyecto: Julio Cordón Muñoz
- Tutor en universidad de destino: Tomi Ylikorpi
- Supervisor: Arne Halme
- Universidad en la que ha sido realizado el proyecto: Helsinki University of Technology (Helsinki, Finlandia)
- Coordinador Académico: Elisa María Ruíz Navas
- Cotutor en Universidad Carlos III: Elisa María Ruíz Navas
- Fecha de lectura: 17/12/09
- Tribunal: Arne Halme y Panu Harmo
- Calificación obtenida: 4/5

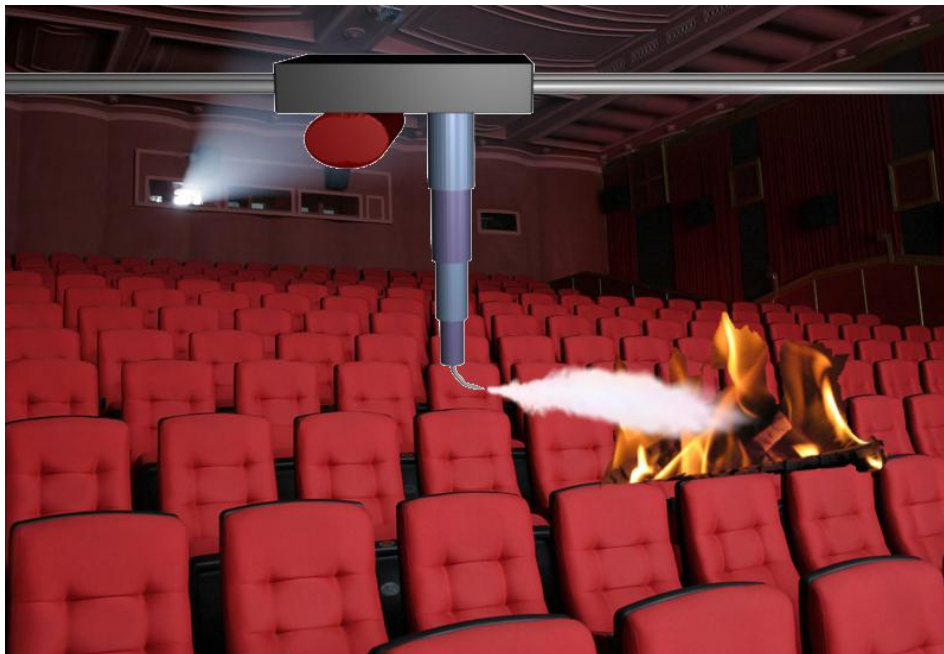


Figura 1: el Firebot tratando de sofocar un incendio

Introducción

Cuando se va a construir una fábrica, son muchos los factores que se estudian para la elección del emplazamiento final. Por ejemplo, deberá estar cerca de los proveedores, los clientes, las materias primas o las fuentes de suministro de energía. Otro factor importante a considerar es el "layout" de la fábrica. Máquinas y personas han de interactuar de la manera más eficiente posible. La respuesta es, a menudo, pasillos pequeños y/o gente trabajando sin suficiente espacio. Aquí está la solución. Robots trabajando desde el techo. De esta manera se incrementaría el espacio libre de la fábrica. Esto es sólo un ejemplo. Piensen en hospitales, donde es común ver a cinco personas y una máquina alrededor de una cama. Un *ceilbot* (del inglés "ceiling robot", que significa robot de techo) podría ser la solución. El techo es un espacio desaprovechado, así que, aprovechémoslo.

El autor de este proyecto fue destinado a trabajar en un grupo de investigación en el Departamento de Automatización y Tecnología de Sistemas en la Universidad Tecnológica de Helsinki. La misión de este departamento era aprovechar las ventajas de una nueva solución: un robot trabajando desde el techo.

En un primer momento lo que se hizo fue una lluvia de ideas individual, que posteriormente se puso en común con todos los miembros del equipo. En ese encuentro el autor de este libro decidió desarrollar un sistema de extinción de incendios. El objetivo fue crear un robot que fuese capaz de extinguir un fuego, pero debía cumplir con la condición de que dicho sistema estuviese ubicado en el techo.

El mundo de los sistemas anti-incendios está lleno de posibilidades y constantemente bajo estudio. Numerosos desastres han tenido lugar a lo largo de los años causando la destrucción de bosques y demasiadas muertes. Hay muchas formas de lucha contra el fuego, pero ninguna es lo suficientemente buena para asegurar la integridad de nuestras vidas o nuestro planeta. Quizá este estudio pueda contribuir en la búsqueda de soluciones para tratar este problema.

Estado del arte

Las regulaciones a las que están sujetas las construcciones de la mayoría de los países consideran la combustibilidad de los materiales utilizados en la construcción, esto es, su capacidad para arder durante un incendio. Estas regulaciones también tienen en cuenta la duración de la resistencia al fuego, las rutas de emergencia y, particularmente, los sistemas de detección y extinción del fuego, trabajando individualmente o juntos.

Las medidas de protección contra incendios pueden ser clasificadas en activas y pasivas. Las activas hacen referencia a los sistemas que se activan en el momento en que el fuego es detectado. Son para evitar daños mayores, y para preservar la seguridad de las personas, animales o propiedades que pudieran estar en el lugar del incendio. Dentro de estos sistemas activos están los *sprinklers* de agua o CO₂ y un variado rango de detectores. Dentro de los sistemas pasivos, están las medidas adoptadas para la prevención de accidentes. Por ejemplo puertas y ventanas anti-fuego, la utilización de materiales no combustibles, etc. El proyecto contiene una amplia descripción de los distintos sistemas activos utilizados a lo largo de los años y en la actualidad.

Posteriormente se explican los distintos métodos para la extinción del fuego. Dichos métodos son distintos dependiendo del sistema y el elemento encargado de sofocar el incendio. Por tanto, es posible encontrar numerosos modelos diferentes según el tipo de construcción o edificio al que son destinados.

Se describen también en detalle los distintos tipos de fuego, el amplio abanico de extintores manuales, los *sprinklers*, los medios de transmisión del agua en los sistemas anti-incendios, los extintores de aerosol, etc.

Tras estos sistemas, se dedica un apartado a mostrar algunas investigaciones sobre robots desarrollados para la lucha contra el fuego. Algunos de ellos tienen una entrada viable en el mercado, mientras que otros son simplemente proyectos académicos de investigación. Algunos ejemplos son: OLE, AWARE project, Guardians, SACI, etc.



Figura 2: Algunos ejemplos de robots extintores de incendios.

Desafíos:

En el siguiente apartado se trató de enumerar los puntos clave a seguir para el desarrollo del robot:

- Emplazamiento del robot.
- Sistema de navegación.
- Sensores necesarios.
- Diseño del brazo.
- Sistema de captura de imágenes.
- Señal de alarma.
- Soporte para el envío de información a la estación de bomberos.

Estructura del robot:

- Posibilidades de movimiento: se estudiaron las distintas opciones que existían para el desplazamiento del robot sobre el techo. Fueron analizadas las ventajas e inconvenientes de la elección de uno u otro sistema. Las opciones que se consideraron fueron: sistema de aspiración, sistema magnético, sistema de raíles y sistema a través de vigas. Finalmente el modelo elegido fue el sistema de vigas, y por tanto fue descrito en mayor profundidad.

- Cuerpo del robot: esta sección describe las características de forma del robot. También se consideran las dimensiones, y qué dispositivos se incluirán dentro del cuerpo del robot.

- Sistema de extinción: se explica en detalle como serán los dispositivos encargados de sofocar el incendio, así como el tipo de extintor elegido

debido al posible tipo de fuego producido en una sala de cine y a que se trata de un lugar de pública concurrencia. Se habla también de la elección del tamaño del extintor, y las razones. Fue también comentada la posibilidad de que el robot estuviese conectado permanentemente a un suministro de agua, y el porque de no elegir esta opción.

- Brazo: en este punto se habla del diseño del brazo encargado de alcanzar la llama y expulsar el contenido de la botella extintora.

- Motores: ¿Cómo se va a mover el robot? ¿Y el brazo? ¿Cómo se activa el extintor? Este apartado se encarga de responder a estas preguntas con todo detalle.

- Sensores: se detallan el número y tipo de sensores necesarios tanto para el movimiento del robot, como para la detección/ extinción del fuego. Se trata de sensores de humo, de calor, infrarrojos y de movimiento. Así mismo se habla del uso de una cámara, que servirá de ayuda a los bomberos en su misión de sofocar el incendio.

Materiales empleados:

Este apartado muestra las distintas soluciones en cuanto a los posibles materiales a utilizar, el tipo de apoyos y las distintas secciones de las vigas.

Se estudiaron las solicitaciones a las que estaba expuesto el robot. Para ello fueron consideradas varias posibilidades para los apoyos. Se hizo el estudio para distintos materiales de construcción, y distintas formas de viga.

Lo primero que se hizo fue calcular los esfuerzos para las distintas vigas. Para estimar el máximo momento flector de la viga, el robot fue colocado en el centro de la viga. Se consideró que las uniones entre la viga y la pared permitían a la viga girar, pero se impedía el movimiento vertical. Con estas hipótesis, se utilizaron los Teoremas de Mohr para estimar la flecha de la viga. Considerando en cada caso el módulo de Young apropiado, el momento de inercia oportuno y la masa correspondiente para cada tipo de viga.

Con estos cálculos se sacaron las correspondientes conclusiones acerca del uso de un material u otro, una sección u otra, etc.

El final de este capítulo comprende la descripción del material a utilizar para la construcción del brazo y la carcasa del robot.

Alimentación:

Primero se buscó donde era necesaria energía. Se obtuvo como respuesta que principalmente era necesaria energía para el movimiento del robot y el movimiento del brazo.

Se estudiaron las ventajas y las desventajas del uso de los distintos sistemas de alimentación: sistema neumático, sistema hidráulico, sistema de baterías o electrificar las vigas. El sistema elegido fue el de utilización de baterías. Se procedió a su descripción detallada. Fueron consideradas distintas ubicaciones diferentes hasta dar con la que ofrecía un mayor rendimiento.

También se explica en este apartado la posición de reposo del robot y el proceso de recarga de baterías. Se diseñó un conjunto macho-hembra que facilitaba la recarga del robot, así como la comunicación con los sensores de humo de la sala.

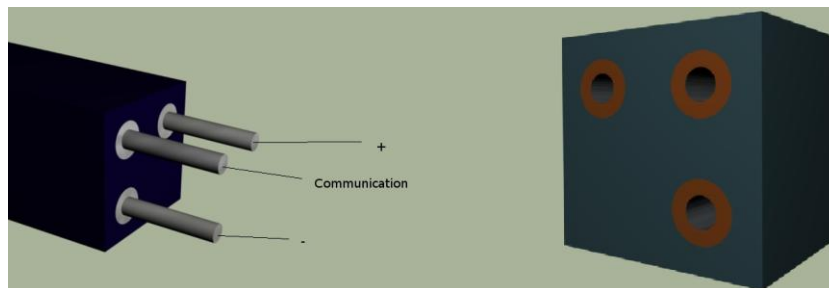


Figura 3: enchufe diseñado para recarga de baterías y conexión con sensores de humo

Comunicación:

Este capítulo se centra en las comunicaciones entre el robot y los distintos dispositivos:

- Alimentación y sensores de humo: cómo y cuando se recargarán las baterías, y cómo está conectado el *ceilbot* a los sensores de humo comerciales de la sala.
- Alerta a la estación de bomberos. Lo primero que hace el robot al detectar el incendio es comunicárselo al cuerpo de bomberos.
- Control remoto del robot por parte de los bomberos. A la llegada de los bomberos a la sala de cine, éstos podrán manejar el robot por control remoto. Serán capaces de ver lo que está sucediendo dentro y actuar en

consecuencia, tanto controlando el robot como tomando decisiones acerca de sus posibles movimientos.

- Alerta a gente en el área afectada por el incendio. En el momento de la detección del incendio se iniciará una alarma que avisará a la gente que se encuentre en la sala o en las inmediaciones.

- Interacción con el fuego. El robot deberá conocer la posición exacta de la llama para poder concluir con éxito su misión, pero la ubicación tendrá que ser tal que el robot no resulte dañado.

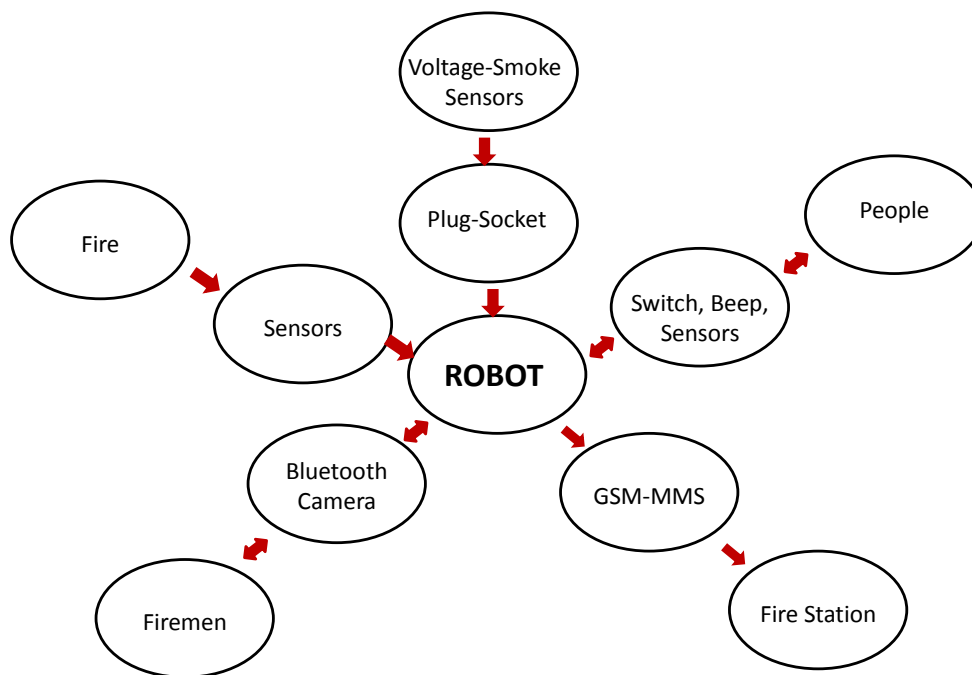


Figura 4: diagrama de comunicaciones

Seguridad:

Se trató el tema de la seguridad de las personas, el entorno y el propio robot.

Las personas están en primer lugar. Principalmente, el *ceilbot* se creó para ayudar cuando no hay nadie en el cine. Porque, por supuesto, si hay alguien en la sala, esta persona puede coger el extintor convencional de la pared y llamar a los bomberos informando de la situación. Pero eso no quita que el robot pueda, y deba, ayudar a la gente en la lucha contra el fuego.

Entonces, fue necesario considerar la interacción del robot con las personas.

Los puntos que se trataron fueron:

- El robot no podía colisionar con las personas en su movimiento. El cuerpo del robot no va a chocar con las personas, ya que su movimiento es sobre el techo. El problema aparece cuando el brazo ha de bajar para extinguir la llama.
- El vertido del extintor no debe dañar a las personas. Por ejemplo un extintor de CO₂ tiene del orden de -70°C en su interior, por lo que no puede ser expulsado sobre una persona. Los modelos de polvo seco, no se consideran tóxicos, pero pueden resultar irritantes si son respirados durante un periodo prolongado. Por estos y otros motivos, se decidió elegir un tipo de extintor frente a otros.
- Todo dispositivo o pieza del robot debía estar perfectamente fijada al robot, haciendo imposible que ningún objeto pudiera caer hiriendo a la gente que se encontrase en el cine.
- Otro sistema de seguridad que ya ha sido comentado, es el hecho de que salte una alarma al detectarse el fuego. La gente, entonces, decidirá si puede hacer frente al fuego, o es mejor desalojar el edificio.

Para la protección del ceilbot se tuvieron que tener en cuenta varios factores. Uno de ellos fue considerar el desnivel que hay en el suelo. Cuando baje el brazo para expulsar el material extintor sobre la llama, debe ser capaz de evitar los asientos en las distintas alturas en las que estos se encuentran. Así mismo, tendrá que evitar lámparas, altavoces, etc. Como se ha dicho, el robot ha de tener todas sus piezas fijadas con seguridad, considerando las posibles fuerzas y aceleraciones que puedan aparecer en su movimiento.

Fue importante considerar las altas temperaturas que pueden aparecer en caso de un incendio. Esto determinó la elección de unos materiales frente a otros. En este punto, el autor se ayudó de un estudio realizado por la Universidad de Cantabria. En el se estimaban las temperaturas que podían llegarse a alcanzar en un lugar cerrado, dependiendo de sus características.

Este robot, en principio, no va a ser usado en mucho tiempo. De ahí que es muy importante que tenga un mantenimiento riguroso. Para que, si llega el

día en que se necesita su ayuda, pueda estar operativo. Deberán estar las baterías cargadas, y la botella de extintor en perfecto estado.

Y a se han nombrado indirectamente las medidas de seguridad tomadas para proteger el medio (la sala de cine).

Por ejemplo, el robot no debe colisionar con nada (altavoces, lámparas...). Este inconveniente puede ser resuelto desde el principio, con una colocación estratégica de las vigas que soportarán el robot. Lo mismo aplicaría al brazo. Por supuesto, se deben fijar bien todas las piezas del robot para no dañar las butacas, el suelo, o la sala en general.

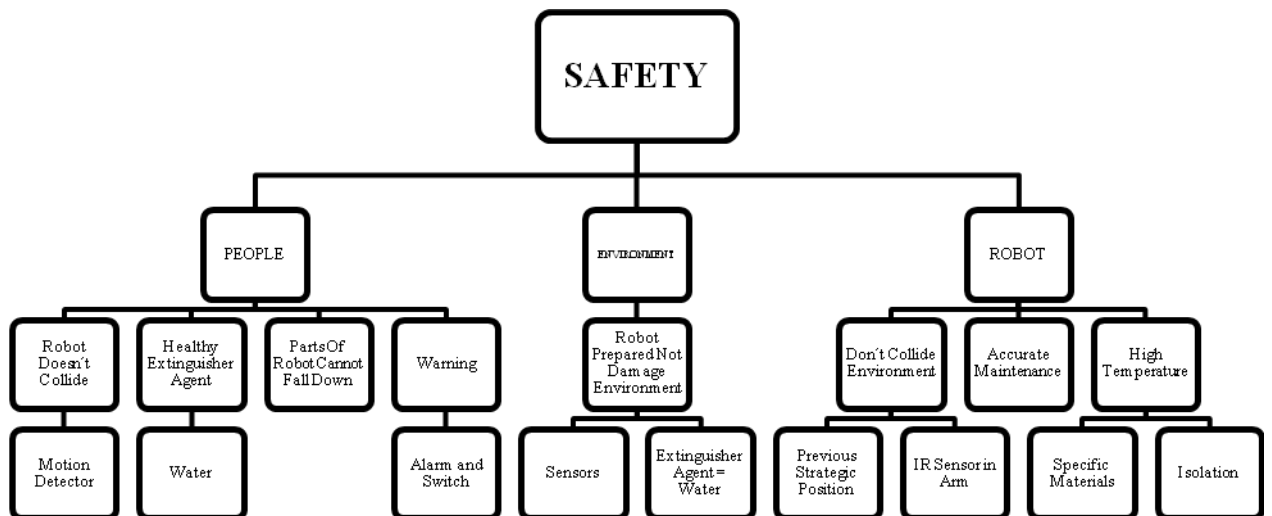


Figura 5: diagrama de seguridad

Conclusiones y trabajos futuros.

El robot diseñado en este proyecto no ha sido construido pero ha servido para extraer muchas conclusiones. Podría ser desarrollado añadiendo un pequeño número de pasos.

Es evidente que el *ceilbot* no está limitado a una sala de cine. Podría ser colocado en numerosas y diferentes áreas como oficinas, garajes, hoteles, polideportivos, hangares, bibliotecas, centros comerciales, etc. Incluso en zonas exteriores, usando columnas para soportar el robot, por ejemplo en campos de cultivo.

Del mismo modo, además de las tareas mencionadas, el sistema nos ofrece la posibilidad de conocer las causas del inicio del incendio. El robot estaría siempre grabando y, por ejemplo, eliminando los videos cada dos horas si no ocurre nada atípico. Con este sistema, se podrían conocer las razones que provocan el fuego. Esta modificación también nos ayuda a conocer el lugar y el momento exacto donde se inicia el incendio. Así, se podría evitar la repetición de los mismos acontecimientos por causas similares. Asimismo, se podrían buscar responsables. Si se ha producido una negligencia, o sabotaje, etc. Todos estos asuntos serían útiles para las compañías de seguros.

Se ha comentado que, quizá, el *ceilbot* no sería útil si hay gente en la sala. Se debe añadir que el fuego, tal vez, no se produzca a nivel del suelo. Esto hace imposible para un hombre alcanzar con eficacia la llama usando un extintor comercial. En este caso, el robot diseñado podría ser de gran ayuda.

Uno de los posibles asuntos a considerar en el desarrollo final del robot podría ser buscar el modo de esconderlo. Una posible ubicación sería colocarlo detrás de un falso techo. En este caso el robot tendría que romper el falso techo en el momento de actuar. La forma más sencilla de esconderlo sería poner una caja en una de las esquinas del techo, por ejemplo con una cortina. Atendiendo a las dimensiones del cine, el tamaño del robot no es excesivamente grande.

Llegado el momento de la construcción del robot, uno de los asuntos más importantes a tener en cuenta es el movimiento de la viga que soporta el robot. Se decidió mover esta viga con un motor en cada uno de sus extremos. No es algo sencillo hacer mover ambos motores de un modo estrictamente simultáneo.

El robot ha sido diseñado para una única tarea. Pero con sencillas modificaciones podría desempeñar algunas otras. Por ejemplo, se podría sustituir el extintor por un tanque de agua, insecticida o pesticida y ser usado en cultivos, viveros, o cualquier lugar con macetas o plantas. El tanque podría igualmente contener alimento para mascotas. Se ubicaría en granjas, cuadras, establos, etc. Otra posibilidad es cambiar el extintor por un spray de pintura, o productos de protección de superficies (aviones).