

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

7.1 INTRODUCCION

En este último capítulo de la memoria se va a ver un breve resumen de todo el desarrollo anterior. Será una visión global de todo el proyecto y de los temas tratados.

Después se comentarán las conclusiones que se extraen de la implementación del mismo y de los resultados obtenidos de los experimentos realizados.

7.2 RESUMEN

Se comenzó el documento con una visión preliminar del documento, con sus distintos capítulos el primero de los cuales versa sobre toda la base teórica necesaria para comprender los aspectos fundamentales y más importantes que se tratan. De este modo, se parte en primer lugar describiendo los principios fundamentales de la radiación de infrarrojos, partiendo de las formas que tiene de transmitirse el calor a través de los materiales, pasando por la forma en la que se mide la radiación y los tipos de radiación que se pueden recibir desde una superficie determinada.

Se vio que este era un punto importante a tener en cuenta para hacer una medida correcta de la temperatura de un objeto pues dependiendo de la emisividad del objeto la radiación procedente del mismo podía ser emitida por el mismo o procedentes de otras fuentes. En este sentido también era importante cual de las dos bandas de infrarrojos se eligiera, estando su elección en función de la aplicación para cual estuviera destinado. En este caso la elegida era la banda de 3-5 μm , que no se transmite a través del vidrio.

Una vez visto esos principios básicos, se procedió a analizar los elementos que intervienen en la medida de la radiación de infrarrojos: la superficie que emite la radiación y cuya temperatura se desea saber, el medio a través del cual se transmite la radiación y el dispositivo encargado de medirla.

En cuanto a la superficie objetivo, ya se ha dicho los tres tipos de radiación procedentes de la misma. Y el único parámetro crucial que hay que conocer de ella y que permite saber dicha información es la emisividad ρ . En lo que respecta al medio, como cualquier radiación electromagnética, los infrarrojos experimenta una atenuación en el mismo. Atenuación que es mayor conforme mayor sea la distancia a la superficie y mayor sea la “densidad” de agentes extraños, partículas de polvo, humedad... Y finalmente está el elemento crucial, el dispositivo encargado de medir la radiación. Ya se vieron los distintos dispositivos con los que se cuenta. Desde el más sencillo que proporciona la medida de temperatura de un solo punto de la superficie hasta los más sofisticados, cámaras termográficas que proporcionan imágenes térmicas de los objetos enfocados, proporcionando información de diverso tipo y admitiendo parámetros muy distintos para

Capítulo 7: Conclusiones.

conseguir una medida lo más exacta posibles. Y de este tipo han sido los aparatos con los que se ha contado para realizar las pruebas, cámaras termográficas. Una de ellas más sofisticadas y completa pero también más pesada y robusta. Otra más sencilla pero más ligera y fácil de integrar. En cualquier caso cumplen con mayor o menor precisión su cometido: indicar la temperatura de los puntos representados en la imagen termográfica. Y es de esa información de la que parte el desarrollo del algoritmo de detección.

Ahora bien, ese algoritmo surge, al igual que la mayoría de los desarrollos de ingeniería, por una necesidad. Y esa necesidad es la de adquirir información de un sistema determinado. En concreto se requiere saber la presencia de posibles fugas térmicas en los edificios. Y también hay muchas formas de adquirir esa información.

Se ha visto que la manera tradicional de adquirir información de un sistema determinado que se quiere modelar es mediante **técnicas invasivas**. Es decir, se toma dicho sistema y se “invade”, se accede físicamente a él para tomar medidas. En cierto modo es la manera más directa de tomar esa información. Pero también tiene un gran inconveniente: el mero hecho de acceder a ese sistema implica introducir variables externas que interfieren en las variables y parámetros que lo caracterizan produciéndose de esa manera una interferencia que desvirtúa la medida en sí y puede incluso dañar el propio sistema. Además, tiene un problema añadido: no siempre es posible acceder al mismo para conocer su estado, bien sea por su propia constitución o por difícil acceso físico al mismo. Se han visto algunos ejemplos de ellos en el **Capítulo 2**.

Es por ello por lo que se ha impulsado en las últimas décadas el concepto de técnicas **no invasivas** o **no intrusivas**. Con ellas se evitan los problemas mencionados anteriormente. Ya no es necesario acceder físicamente al objeto de estudio. Basta emplear una tecnología adecuada al sistema que se quiere estudiar. Por ejemplo, es habitual el empleo de ultrasonidos para detectar imperfecciones en el forjado de piezas de metal. Sin el empleo de los mismos sería prácticamente imposible acceder a esa información. Del mismo modo se emplea la tecnología de infrarrojos para ese y otros muchos fines. Entre ellos, la aplicación que se ha desarrollado a lo largo del presente documento.

Capítulo 7: Conclusiones.

Por otro lado, un problema muy actual es la imperiosa necesidad del uso de las energías renovables dado el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas). Y asociado a ello también está la necesidad de **ahorro energético**. La forma de conseguir ese ahorro no sólo es de manera activa, por parte de la “voluntad” del consumidor, sino también de manera pasiva. De nada sirve intentar minimizar, por ejemplo, el uso de la calefacción en los hogares sino se posee un buen **aislamiento térmico** del mismo.

Y eso es lo que se ha pretendido, desarrollar un procedimiento genérico que permita detectar las fugas térmicas en las edificaciones, sin necesidad de acceder físicamente a dichas instalaciones sino mediante el empleo de radiación de infrarrojos.

En el **Capítulo 3** se ha explicado el algoritmo de manera general y en los dos siguientes se ha aplicado a los dos modelos de cámara mencionados. Posteriormente se ha aplicado a las imágenes tomadas en los experimentos previos. Y de esos ejemplos se sacaron una serie de conclusiones. No obstante, es necesario detallar algunos puntos.

7.3 CONCLUSIONES Y POSIBLES MEJORAS

Después del resumen anterior y de todo el desarrollo previo estudiado se pueden sacar una serie de conclusiones, tanto desde un punto de visto técnico como de un punto de vista metódico y práctico. Después de todo hay que destacar, desde un punto de vista metódico, la necesidad de una buena organización de los objetivos y tareas que se quieren realizar.

Si se analizan los resultados obtenidos en los experimentos se puede ver que el resultado de la detección de la fuga es más que aceptable. Además de dicha detección, se ha hecho un pequeño análisis cuantitativo de dichos resultados, sacando como conclusión nuevamente la importancia de unas imágenes buenas para la aplicación del algoritmo, algo que se da por hecho.

Por otro lado, si se recuerda el algoritmo, se partía del segmentado de una serie de regiones calientes para llevar a cabo la detección. Ese segmentado venía condicionado por una serie de umbrales de temperatura que se establecían de manera heurística hasta conseguir uno que diera unos buenos resultados. Esa sensibilidad a tales umbrales se fue

Capítulo 7: Conclusiones.

reduciendo a medida que se iba desarrollando el algoritmo y se introducían nuevos módulos y funciones que mejoraban las prestaciones. En este sentido sí sería interesante incluir un método que permitiera encontrar esos umbrales de manera automática, de modo que el algoritmo sea completamente autónomo. O al menos sólo dependa de un parámetro. Por ejemplo, el umbral inicial de segmentado se podría hacer depender de la temperatura ambiente en la que se toman las imágenes, la emisividad..., hallando la relación matemática entres esos y otros parámetros y dicho umbral. El usuario sólo se tendría que preocupar de hacer saber al algoritmo la temperatura exterior o el parámetro que sea para que siga el proceso.

En el sentido de autonomía, es el código escrito para la cámara FLIR P20 el que consigue mayor independencia y funcionamiento automático dado que las escala la obtiene de manera automática mediante el ocr incorporado. Sin embargo, para el caso de la cámara INDIGO-OMEGA esto cambia. Buena parte de los comentarios de capítulos previos se han dedicado a este aspecto. El principal problema de la cámara es su falta de precisión, la característica escalonada de la variación de los valores de temperatura y, sobre todo, la falta de una escala sobreimpresa en la misma imagen. Esto impide que el mismo procedimiento aplicado a la FLIR sea posible aplicarlo en esta. Para solucionar ese problema se procedió a realizar una serie de aproximaciones detalladas en el **Capítulo 5**, que dieron como resultado un modelado de la relación entre los niveles de gris y los niveles de temperatura. En este sentido también sería viable hacer un modelado completo de la cámara. Sólo se ha abordado un modelado parcial de la misma, haciendo una tabla de consulta con unas relaciones predefinidas. Para darle un carácter más general sería idóneo hallar una relación o modelo funcional que permita definir el comportamiento de la cámara y las imágenes en función de múltiples parámetros como brillo, contraste, auto calibración...Estos aspectos se han perfilado en el **Capítulo 6**, viendo como influían en las imágenes y en los resultados numéricos, dando lugar a lo que se definió “modos”. Esos son los modos predefinidos de la tabla y que, por tanto limitan el ejemplo de implementación a los mismos. Si se quiere emplear la cámara en otras situaciones es necesario darle un carácter más genérico mediante dicho modelado. De ahí la necesidad de hacer esto, no sólo en la cámara INDIGO, sino que también sería interesante hacerlo en el otro modelo.

Capítulo 7: Conclusiones.

Una vez mejorados los aspectos del algoritmo anteriormente citados sería posible también adaptar el algoritmo a dispositivos integrados. Es decir, el código que se ha desarrollado a partir del algoritmo general está escrito en C/C++. Esto implica que el procesamiento se realiza a alto nivel, es decir, se necesita de un PC completo con un sistema operativo y demás software, que implica una mayor carga computacional, tanto de software como de hardware. Sería por tanto interesante integrar dicho algoritmo en un sistema que haga el procesamiento a más bajo nivel, por ejemplo, mediante el empleo de un DSP. Se comentó al principio que el uso del algoritmo se iba a hacer principalmente desde un helicóptero de radio control. El poco espacio del que se dispone en el mismo para introducir dispositivos implica reducir el tamaño y peso de los mismos. Con la implementación actual es posible realizar el procesamiento desde un PC en tierra, recibiendo las imágenes desde el UAV. Mediante la adaptación del algoritmo a un DSP se podría realizar el procesamiento desde el propio helicóptero, consiguiendo más velocidad de procesamiento y menores errores. No obstante, hay que tener en cuenta que se debe permitir la modificación y adaptación de los parámetros del algoritmo o bien la adaptación automática de los mismos, como ya se ha comentado.

Finalmente, sería interesante pensar en las posibles aplicaciones alternativas del algoritmo. Tal y como está planteado y desarrollado es aplicable a la detección de fugas térmicas y la medida cuantitativa de las mismas. No obstante, sería posible extender su uso a otras aplicaciones mediante la modificación del mismo, ampliación o simplificación.

Así, por ejemplo, una de las posibles aplicaciones de la tecnología de infrarrojos era la detección de humedad. Se puede consultar el **Capítulo 2** para saber en que consiste. Al fin y al cabo, la presencia de humedad implica una redistribución del patrón térmico de la superficie en la que se localiza. Si ésta se sitúa por ejemplo en un tejado sería necesario buscar las regiones más calientes del mismo y “discernir” dichas regiones con humedad de las que no poseen humedad. Al igual que en la detección de fugas térmicas, también sería necesario buscar y segmentar las regiones más calientes y distinguir, dentro de las regiones segmentadas, la zona que tiene humedad (concentración térmica) de las que no tienen. Es por tanto un algoritmo similar, con una estructura que se asemeja (establecer umbral, segmentar regiones candidatas, hallar distribuciones...). Habría que readaptar varios de sus

Capítulo 7: Conclusiones.

puntos, sobre todo en lo relativo al manejo de las estadísticas, estudio de las características de distribuciones de probabilidad, umbrales óptimos, ver la banda adecuada...

En definitiva, partiendo del algoritmo se podría tomar parte de él y obtener nuevas aplicaciones, como la mencionada anteriormente. En resumidas cuentas se puede hacer lo siguiente:

- Mejoras del algoritmo propuesta para aumentar su autonomía.
- Realizar modelado completo de las cámaras.
- Desarrollo e integración del algoritmo a bajo nivel (DSP).
- Extensión del mismo a detección de patrones térmicos de otros tipos: humedad, anomalías en fabricación, seguimiento de un patrón térmico definido...