

Estudio de las Solicitaciones Producidas por el Oleaje en Buques-Tanque de Gas Licuado (Un aplicativo del Algoritmo de Lucas-Kanade)

Marcovecchio, Osvaldo Donato
Universidad de la Marina Mercante

Conde, Sergio Daniel
Universidad de la Marina Mercante

Resumen:

El proceso de carga y descarga de los buques tanque para el transporte de gas natural comprimido, produce en el interior de los tanques la agitación del líquido, esto se traduce en olas que impactan en las paredes de los tanques contenedores y ejercen presiones sobre las mismas.

Las severas condiciones dadas por las bajas temperaturas a las cuales están sometidos los depósitos para mantener en estado líquido al gas, afectan de manera importante a la elasticidad de los materiales con los que se fabrican los depósitos. Un estudio de las solicitaciones a las que se ven sometidas estas estructuras, permiten realizar mejores cálculos y conocer mejor los márgenes de seguridad.

La propuesta es aplicar herramientas de software desarrolladas anteriormente en el trabajo de optimización en la aplicación del algoritmo de Lucas-Kanade. Los datos provienen de los fotogramas que nos ha enviado el Dr. Leo Gonzalez (docente investigador de UPM) de las investigaciones que actualmente están realizando en España, a quien agradecemos su cooperación. Los resultados serán cotejados con los resultados obtenidos en los piletos de simulación de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) por métodos tradicionales.

PALABRAS CLAVE

Gas Licuado, Oleaje, Curva de Solicitaciones.

ABSTRACT

The process of loading and unloading of tankers for transportation of compressed natural gas

occurs inside the agitation tank of the liquid, this means that impact waves in the walls of the tank

container and exert pressure on them.

The severe conditions given by the low temperatures at which the deposits are subjected to maintain the gas in liquid state, significantly affects the elasticity of the materials used to manufacture the deposits. A study of the stresses to which they are subjected these structures allow better estimates and better understanding of the safety margins.

The proposal is to implement software tools developed earlier in the optimization work in the implementation of Lucas-Kanade algorithm. The results will be compared with the results of the simulation pools at the Universidad Politécnica de Madrid.

KEY WORDS.

Liquefied gas, Wave in liquid, Curve Solicitations.

1. Introducción

El objetivo de este trabajo fue obtener los valores de presión que ejercen sobre las paredes de los tanques para el transporte de gas licuado, debido al oleaje que se produce en el seno del líquido durante el proceso de llenado/vaciado.

Se utilizó para el cálculo de los resultados un software desarrollado por este equipo de investigación (según literatura [3]), el cual implementa entre otros, al algoritmo de Lucas Kanade para la obtención del flujo óptico. El software utilizado optimiza al algoritmo mencionado en lo referente complejidad computacional.

Elementos y metodología

2. Desarrollo

Durante las maniobras de llenado de los buques tanques para el transporte de gas comprimido se produce agitación en el seno del líquido. El impacto de las olas producidas durante este proceso sobre las paredes contenedoras vuelve peligrosa la operatoria, pues las condiciones de temperatura imperantes son muy bajas (aprox. -162 °C).

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM), la que posee piletones en los cuales se reproducen las condiciones imperantes mencionadas más arriba, realizaron pruebas y efectuaron mediciones en las paredes de los piletones utilizando métodos tradicionales. Ubicaron estratégicamente sensores de presión para poder levantar los gráficos que representan los esfuerzos a los que se ven sometidas las paredes. Todo el proceso fue filmado con equipos de alta velocidad (900 fps). Estas filmaciones fueron enviadas al equipo de investigación de la Universidad de la Marina Mercante (UdeMM) para que se estudiara la posibilidad de utilizarlas con métodos de estudio de imágenes y poder ver si los resultados obtenidos por esta vía podían aportar mayor información que el método de las mediciones con sensores.

3. Algoritmo de Lucas Kanade

El método fue propuesto en el año 1981 y resuelve el campo de velocidades entre dos imágenes sucesivas, más abajo mostramos brevemente las ecuaciones.

Se parte de la hipótesis que la luminancia entre dos cuadros consecutivos de imagen, permanece constante, y si hay algún cambio, este se debe al movimiento de los objetos filmados.

Entonces así planteada la situación, la ecuación 1 nos representa lo anteriormente dicho.

$$I(x,y,t) = I(x,y,t+\Delta t)$$

Ecuación 1

Aplicando el desarrollo en la serie de Taylor y truncando en la primera derivada la expresión que queda es (ecuación 2):

$$I_x u + I_y v + I_t = 0$$

Ecuación 2

Donde (u,v) con $u=dx/dt$ y $v=dy/dt$ corresponden al flujo óptico I_x e I_y respectivamente, siendo las derivadas vertical y

horizontal de la imagen con respecto al tiempo "t".

Se efectúa la captura de imágenes y se itera la solución para cada pixel de imagen según se lee en la literatura [1], dando como resultado el flujo óptico por regiones.

La ecuación 3 es la que se aplica de manera iterativa a cada pixel de la imagen, el resultado es el campo vectorial de velocidades asociado a cada punto de información de la imagen

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{x \in B} \left(\frac{\partial I}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial I}{\partial x} \right) & \sum_{x \in B} \frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y} \\ \sum_{x \in B} \frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y} & \sum_{x \in B} \left(\frac{\partial I}{\partial y} \right) \left(\frac{\partial I}{\partial y} \right) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum_{x \in B} \left(\frac{\partial I}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial I}{\partial t} \right) \\ -\sum_{x \in B} \left(\frac{\partial I}{\partial y} \right) \left(\frac{\partial I}{\partial t} \right) \end{bmatrix}$$

Ecuación 3

Dependiendo de la calidad de imágenes que se tengan para procesar, se puede aplicar un kernel muy pequeño (3x3) sin incurrir en errores por no realizar un filtrado smooth [3].

4. Descripción del Software Utilizado.

Fue desarrollado íntegramente por el equipo de investigación de la UdeMM. Actualmente hay una versión operativa que es la que se utiliza para el ajuste en la optimización. Fue realizado en Visual Basic y existe una versión en construcción que se realiza en C para una mayor velocidad de ejecución, la cual permitirá la ejecución de ciertas partes de proceso en paralelo.

En este software se ha optimizado la implementación del algoritmo de Lucas-Kanade permitiendo una mayor velocidad de procesamiento.

Se han agregado a la nueva versión la implementación de las ecuaciones de Navier Stokes con el fin de obtener el campo de presiones.

5. Evolución del Trabajo

Las imágenes recibidas desde la UPM en formato JPEG y un tamaño de 532 KB con una resolución de 900 cuadros por segundo (900 fps) se pasaron a formato BMP a fin de facilitar la descompresión de los cuadros en el proceso de cálculo.

De la seguidilla de imágenes que se han procesado, son las de mayor interés las que muestran desde el comienzo del impacto de la ola en la superficie del contenedor, hasta que se completa el proceso.

El software va realizando el cálculo del campo de velocidades cuadro a cuadro obteniendo de los "n" cuadros "n-1" matrices de velocidad (componentes de la velocidad en el eje x e y).

Finalmente se aplican las ecuaciones de Navier

Stokes, las cuales vinculan el desplazamiento de un fluido con la presión (literatura [4]). Estas se aplican a las “n-1” matrices de velocidad y como resultado obtenemos las matrices de presiones, estas son instantáneas para cada tiempo “t” considerado y aplicadas a un píxel en particular, dicho de otra forma son las presiones distribuidas por unidad de tiempo, para este caso la unidad de tiempo considerada fue de 0,0033 segundos.

Teniendo en cuenta que una imagen es una representación en el plano de un objeto tridimensional, cabe aclarar que estas presiones corresponden al plano de imagen, para nuestro caso con las consideraciones comentadas anteriormente se aplica a cada elemento de la matriz del campo de velocidad la ecuación 4.

$$P \approx \rho \cdot v^2 \quad \text{Ecuación 4}$$

A continuación mostramos algunos de los fotogramas obtenidos de las filmaciones anteriormente mencionadas. En la imagen 1 se observa el frente de onda aproximándose a la pared del tanque contenedor, mientras que en la imagen 2 se observa el instante en que la masa de líquido choca contra la pared del contenedor y la dispersión del líquido en el interior del tanque instantes después de haber chocado.

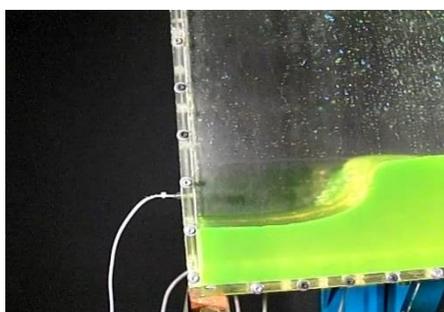


Imagen 1

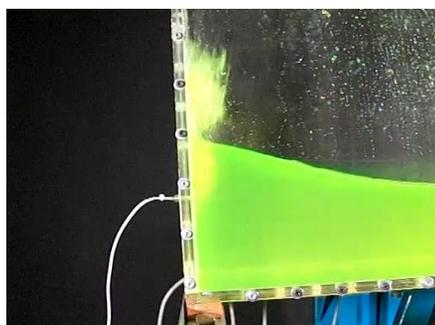


Imagen 2

El depósito de simulación está construido en metacrilato con un espesor de 10 mm. En las imágenes mostradas más arriba pueden observarse algunos cables, estos pertenecen a los sensores de presión ya mencionados con anterioridad.

6. Resultados

Más abajo podemos observar una serie de gráficos e imágenes que muestran los resultados obtenidos.

Para mejor comprensión se ha optado por mostrar la imagen que vincula el campo de velocidades como fotograma. Esta imagen es el resultado de la velocidad calculada entre dos cuadros consecutivos. A continuación de esta, se muestran dos gráficos. El primero de ellos corresponde al campo de velocidades y el segundo corresponde al campo de presiones para la imagen que representa a la velocidad en ese instante.

La imagen 3 junto al gráfico 1 y el gráfico 2 corresponden a los resultados obtenidos de procesar las imágenes previas al impacto contra la pared del contenedor, mientras que la imagen 4 junto a los gráficos 3 y 4 corresponden a los resultados obtenidos de procesar las imágenes en el momento del impacto y posterior a él.

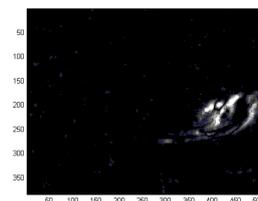


Imagen 3

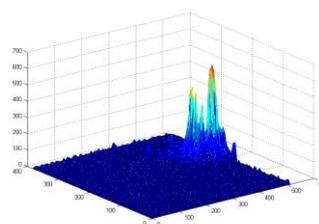


Gráfico 1 (Campo de Velocidades obtenido al procesar las imágenes del frente de onda previo al impacto contra la pared)

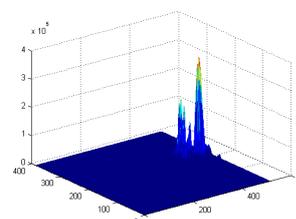


Gráfico 2 (Campo de Presiones obtenido al procesar las imágenes del frente de onda previo al impacto contra la pared)

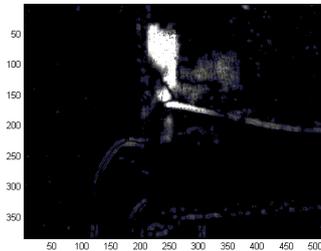


Imagen 4

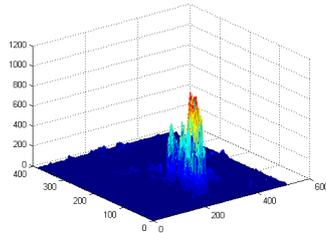


Gráfico 3 (Campo de Velocidades obtenido al procesar las imágenes en el impacto)

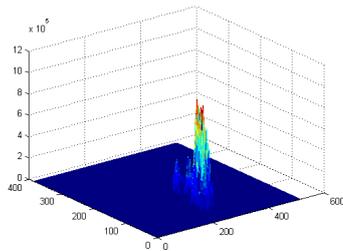


Gráfico 4 (Campo de Presiones obtenido de procesar las imágenes en el impacto).

Este procedimiento se realizó en el fotograma 54 de la filmación, obteniendo en total 53 campos de presiones (uno para cada instante del Δt).

La obtención de las matrices de las presiones instantáneas, permiten saber con qué rapidez aumenta la presión sobre la pared del contenedor por unidad de superficie mejorando el criterio utilizado al momento de calcular las estructuras.

7. Conclusiones

El método propuesto arroja una cantidad mayor de información que el método tradicional, ya que en el último mencionado, para valores existentes entre dos sensores se hace necesaria la introducción de interpolación de valores por algún método polinómico. Dependiendo de la elección del método a utilizar será el error inducido entre la curva interpolada y la curva dada por la función real.

Si el frente de onda no es homogéneo puede inducir a cometer algún error en la medición utilizando el método tradicional, cosa que no ocurre con el método propuesto por las razones mencionadas en el párrafo anterior.

Tiene mayor sencillez desde su implementación hasta su utilización en la simulación realizada, los resultados arrojados son directos y no hay interpolación para levantar la curva.

Permite formular un modelo predictorio por la simple observación de la superficie del fluido antes de que el frente de onda haga impacto en la pared contenedora.

Referencias

Björn Johansson, (November 22, 2007), "Derivation of Lucas Kanade Tracker".

B. Lucas, T Kanade, (1981), From *Proceedings of Imaging Understanding Workshop*, pp. 121-130 "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision".

E. Memin, C. Desmaras, O. Marcovecchio, L. Gonzalez, (mayo, 2011) Congreso EPIO, "Estudio de Dinámica en Imágenes".

L.Farras,

<http://escuelas.fi.uba.ar/iis/NAVIER%20STOKE> S.pdf, "La ecuación general de Navier Stokes en la enseñanza de la Hidráulica general".