

Análisis de rendimiento de algoritmos de compresión con pérdida de imágenes satelitales

David Ricardo Beltrán Lozada

Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia, davidr.beltran@correo.usa.edu.co

Juan Sebastián Triana Correa

Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia, juans.triana@correo.usa.edu.co

Faculty Mentor:

Freddy Alexander Díaz Gonzáles

Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia, freddy.diaz@correo.usa.edu.co

RESUMEN

Actualmente la Universidad Sergio Arboleda se encuentra desarrollando el nano-satélite Libertad 2 bajo el estándar Cubesat. Su principal objetivo es poner un sistema de Remote Sensing (RS) en órbita, para la observación de la tierra. El error acumulado de la lectura de la posición orbital y el margen de error del sistema de apuntamiento, dejan una alta probabilidad de que no se capte un objetivo específico. Una manera de mitigar este error es capturando una sucesión de fotos a través de una rafaga de disparos continuos. Sin embargo, este método aumenta sustancialmente la cantidad de datos a transmitir, sin añadir información relevante. Los parámetros de volumen definidos por el estándar Cubesat limitan la cantidad de energía disponible para el funcionamiento de los subsistemas, y no es viable enviar la totalidad de las imágenes de un mismo objetivo. Es por esta razón que se enviará un mosaico de las imágenes comprimidas, con el fin de seleccionar y descargar solo las originales que contengan información valiosa del objetivo. El presente trabajo trata sobre el análisis de diferentes algoritmos de compresión con pérdida y su rendimiento en sistemas embebidos utilizando hardware similar al que se utilizara en la misión Libertad 2, con el fin de determinar cual es el que mejor satisface las necesidades de la misión.

ABSTRACT

The Sergio Arboleda University is currently developing the nano-satellite freedom 2 under the Cubesat standard. Its main objective is to implement a system of Remote Sensing (RS) in orbit, for the observation of the Earth. The accumulated error of the

reading of the orbital position and the margin of error of the pointing system, let a high probability that a target will not capture specific. One way to mitigate this error is capturing a succession of pictures through a burst of continuous shooting. However, this method substantially increases the amount of data to transmit, without adding relevant information. Dimensions parameters defined by the standard Cubesat limit the amount of power available for the functioning of the sub-systems, and it is not feasible to send all of the images of the same objective. It is for this reason that a mosaic of compressed images, in order to select and download only the original containing valuable objective information will be sent. The present work deals with different algorithms of compression with loss and its performance analysis in embedded systems using hardware similar to that used in the mission freedom 2, in order to determine which is which best meets the needs of the mission.

1. INTRODUCCIÓN

La misión Libertad 2 tiene como objetivo principal validar el desarrollo de dos experimentos también llamados Payload, el primero es un sistema de medición y análisis de un circuito basado en nanotecnología y el segundo un sistema de adquisición de imágenes satelitales, con el que se abrirá campo para investigaciones académicas en Colombia basadas en las imágenes que obtenga, estas investigaciones pueden centrarse en el análisis de uso del suelo para el sector agrícola, análisis de recursos hídricos, planeación de crecimiento urbano, entre otros.

Un sistema RS está compuesto por varios elementos que interactúan entre sí, la base del sistema es una fuente que genera una radiación electromagnética, que puede ser natural como el Sol o artificial como una antena emisora de ondas de radio. Esta fuente es necesaria para captar por medio de sensores, la señal reflejada de los objetos de los que se desea información; es importante resaltar que los sensores del sistema se encuentran en vehículos espaciales, como los satélites artificiales. Luego esta información es transmitida a la Estación Terrena, en donde se procesará según lo requiera la investigación o el objeto de estudio. (Carlos Pérez Gutierrez, 2006)

Para verificar que la imagen a descargar contiene información relevante del objetivo fotografiado, primero se enviara una versión reducida de cada imagen. La compresión es un método utilizado en sistemas digitales para reducir el volumen de datos para alcanzar objetivos como la reducción del ancho de banda del canal de transmisión, reducción del buffering y los requisitos de almacenamiento y la reducción del tiempo de transmisión a una tasa dada (CCSDS, 2005). Esta compresión a bordo debe ser implementada sobre el mismo sistema embebido de la cámara, por lo que debe contar con criterios de sistema crítico. Adicionalmente, se deben considerar las restricciones que enmarcan un Nano satélite Cubesat, como son los recursos limitados de espacio, masa y energía; razón por lo cual, el software de compresión deberá optimizar el uso de los recursos de la máquina, incluyendo atributos de calidad como robustez, tolerancia a fallos y tiempos determinísticos. (Knight, 2002)

2. COMPRESIÓN CON PERDIDA

Dentro de la investigación realizada se encontraron dos tipos de métodos de compresión con pérdida general, que son compresión en frecuencia y compresión en tiempo (Cerezo, 2012), en el primero se utiliza una transformada del tiempo al espectro de frecuencia, donde se filtran las altas frecuencias para poder realizar un diezmado. En el otro método se utilizan mascarar que se aplican directamente en el tiempo, realizando filtro y diezmado en un solo paso, y entregando por separado las frecuencias altas, bajas y medias.

Compresión en frecuencia

El análisis de Fourier es comúnmente utilizado para realizar la representación en el espectro de frecuencia de una señal en tiempo, en 1965 Cooley y Tukey

propusieron el algoritmo FFT un método para calcular la transformada de Fourier de una forma rápida, lo cual facilitó su implementación en sistemas informáticos (Loan, 1992). El algoritmo FFT calcula estas transformaciones mediante factorización de la matriz DFT en un máscara de factores dispersos (en su mayoría cero), con lo cual se obtienen las componentes espectrales que representan la señal en frecuencia. Adicionalmente, existen varios algoritmos que permiten obtener la representación en frecuencia de una señal en tiempo: Transformada de coseno, algoritmo PFA, Bruun, Rader y Bluestain. Esta señal en frecuencia es pasada por un Low Pass Filter (LPF) para eliminar las altas frecuencias, que representan los cambios bruscos de la imagen, con el fin de que al diezmarse no se pierdan bordes importantes.

Compresión en tiempo

Este tipo de compresión se realiza utilizando mascarar para realizar el filtrado y diezmado de una imagen sin tener que pasar por el espectro de frecuencia. Estas mascarar son llamadas wavelet y constituyen una técnica relativamente nueva que ha sido propuesta por los investigadores como una poderosa herramienta en el análisis sobre el comportamiento local de una señal en una o varias dimensiones, mediante una expansión de términos o coeficientes proporcionales al producto interno entre la señal y diferentes versiones escaladas y trasladadas de una función prototipo más conocida como wavelet madre (Cerezo, 2012) dando como resultado las representaciones de la imagen original en diferentes bandas del espectro de frecuencia como se muestra en la Fig.1 siendo las frecuencias bajas (LL), las frecuencias altas (HH) y las frecuencias medias (LH y HL) que corresponden a los detalles verticales y horizontales de la imagen. Estas versiones modificadas de la wavelet madre constituyen familias de mascarar que varían sus coeficientes de umbral para mejores resultados según su aplicación, por ejemplo, la haar, Daubechies, Meyer, Mexican Hat, entre otras.

LL	HL
LH	HH

Figura 1. Compresión de la transformada Wavelet y división de la matriz de la imagen. (Sukanya & Preethi, 2013)

El proyecto propuesto realizará la implementación de los algoritmos mencionados, sobre un sistema embebido de arquitectura Cortex M4, que será utilizado en el prototipo de sistema de RS del Libertad 2. Al realizar la implementación de estos algoritmos de compresión se podrá hacer un análisis de rendimiento

para determinar cuál satisface mejor las necesidades de una aplicación nano satelital, haciendo énfasis en el uso de la CPU, uso de memoria y calidad de la reconstrucción. Como resultado se espera obtener una primera identificación de los elementos que compondrán la etapa de compresión de imágenes a bordo del nano-satélite Libertad 2.

3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA COMPRESIÓN

Para la evaluación de los algoritmos de compresión se compararan criterios de eficiencia y calidad. Para la eficiencia en primer lugar se evaluara la tasa de compresión de la imagen y el tiempo de ejecución que se toma en completar el proceso medido en ticks de sistema. Además de las estrategias que pueden ser usadas en la codificación para reducir memoria, construir código legible y optimizar recursos, esta investigación hará uso de lo compiladores optimizadores con el objetivo de mejorar la forma en que se utilizaban los recursos, favoreciendo el rendimiento de los cálculos.

Para medir la calidad de reconstrucción de la imagen se pasara la imagen comprimida (Solo las frecuencias bajas) por el algoritmo de la inversa de la transformada Wavelet y se calcularan dos parámetros el MSE y PSNR, con el fin de determinar cuál arroja menos error.

Mean Squared Error (MSE)

El error cuadrático medio, es una estimación de la diferencia de los datos obtenidos experimentalmente y la referencia al cuadrado, se realiza un promedio para obtener solamente un valor en el caso de que sean vectores o matrices (Casella, 1998), en este caso nos referimos a datos experimentales a la imagen obtenida de la reconstrucción de las frecuencias bajas y la referencia a la imagen original, el error se debe a que solo utilizaremos una banda de la representación en frecuencia de la imagen, dejando en cero las demás frecuencias.

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

La relación señal a ruido de pico define la relación entre la máxima energía posible de una señal y el ruido que pueda afectar la señal; para el caso de las imágenes, el valor máximo posible de energía es determinado por el tamaño del mapa de color que se utilizara (8 bits con el prototipo actual) y el ruido se define como el valor de MSE de la descompresión de la imagen. Este valor se expresa con las unidades de dB (Anitha, 2012).

REFERENCIAS

- Ali, R., & Bhardwaj, A. (2009). *Image Compression Using Modified Fast Haar Wavelet Transform*. Uttar Pradesh.
- Anitha. (2012). *Quality Assessment of Resultant Images after Processing*.
- Carlos Pérez Gutierrez, Á. L. (2006). *Teledetección: Nociones y Aplicaciones*.
- Casella, G. (1998). *Theory of Point Estimation* . New York.
- Cerezo, E. R. (2012). *Wavelets: Proyecto Sistemas Informáticos*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- IBST Berlin Space Technologies. (s.f.). *IADCS-100 - Intelligent Attitude control for Cubesats*. Berlin.
- Knight, J. (2002). *Safety critical systems: challenges and directions*. Orlando, FL, USA: Proceedings of the 24rd International Conference on Software Engineering, 2002. ICSE 2002.
- Loan, C. V. (1992). *Computational Frameworks for the fast fourier transform* . Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Rønning, S. S. (2012). *Optimizing an Infrared Camera for Observing Atmospheric Gravity Waves from a CubeSat Platform*. Noruega: Norwegian University of Science, Faculty for Natural vitenskap og Technology, Institute for physics.
- Sukanya, & Preethi. (2013). Analysis of image compression algorithms using Wavelet transform with GUI in Matlab.
- The consultative committee for space data systems. (2005). *Image Data Compression*. CCSDS 122.0-B-1 .
- Triana, J. (2013). Desarrollo de un controlador software para un sistema de adquisición de imágenes de una misión satelital bajo el estándar cubesat.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.