

La composición química de la atmósfera está siendo rápidamente modificada por las emisiones. Las consecuencias se acercan rápidamente: un incremento significativo en la temperatura de la Tierra y el cambio climático severo son posibilidades reales.

# Observando el aire desde el espacio

Aplicaciones innovadoras en la atmósfera con FTIR (Fourier Transformed Infrared) para satélites sensoriales remotos

Para entender mejor estos efectos y lidiar con ellos, es necesario un excelente monitoreo de la composición química del aire y su temperatura. ¿Cómo puede ser hecho esto? Cada molécula posee una huella dactilar en el espectro infrarrojo. Estas huellas pueden ser visualizadas con Espectroscopia Infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR). Satélites equipados con los analizadores ABB están proporcionando datos para un conocimiento más profundo y tener advertencias tempranas de riesgos.

Por: Marc-André Soucy, François Châteauneuf, Jacques Giroux, Claude Roy  
ABB Bomem Inc.  
Québec Canadá

La actividad humana continúa incrementando la emisión de gases a la atmósfera. Éstos están transformando su composición y propiedades.

Los efectos resultantes, tales como el calentamiento global, la saturación de la capa de ozono y problemas en la calidad del aire tienen consecuencias drásticas.

El calentamiento global acelera la evaporación del agua, la cual a su vez incrementa las precipitaciones globales.

La humedad en la tierra tiende a disminuir en varias regiones, mientras en otras, intensas tormentas de lluvia podrían volverse más frecuentes.

La calidad del aire y el cambio climático tienen también impactos económicos y sociales: las condiciones de ambiente extremo ponen en riesgo a la población humana, ya sea de forma directa o más frecuentemente a sus medios de producción. El riesgo se agrava más con los incrementos en costos de infraestructura, concentración

y edad de la población, y la resultante es una mayor dependencia en estas infraestructuras.

Para mejorar el mecanismo de predicción de estos fenómenos, se requieren herramientas de captura de datos más poderosas.



## La Instrumentación FTS es una poderosa sonda dedicada a la medición de parámetros atmosféricos valiosos

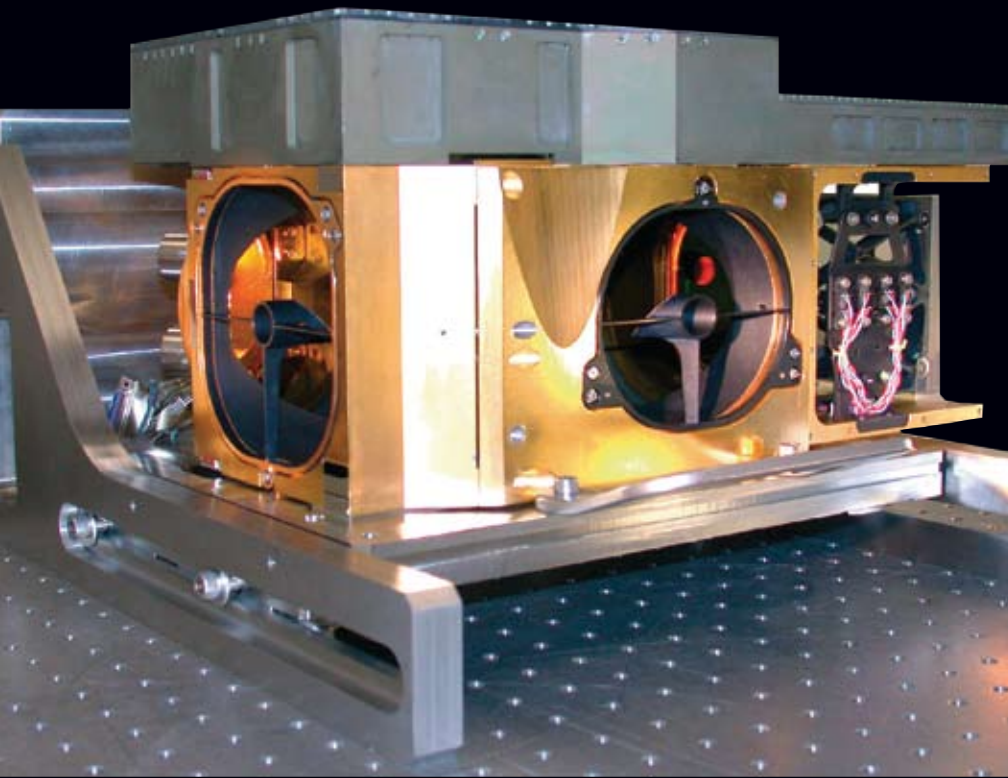
El monitoreo atmosférico por satélite es un factor importante en el pronóstico y desarrollo de modelos atmosféricos mejorados. El negocio de analítica de ABB en la ciudad de Québec fabrica los Espectrómetros de Transformadas de Fourier (FTS) que son llevados en tales satélites.

La radiación infrarroja térmica emitida por la atmósfera de la Tierra contiene toda la información relevante de columna de aire observada. Cada molécula tiene su propia huella en el espectro infrarrojo. Con la medición de la contaminación, la química atmosférica o el monitoreo del ozono y la concentración de las moléculas se determina la absorción o emisión de las moléculas en la banda infrarroja.

Para aplicaciones ambientales, el comportamiento de absorción y emisión del dióxido de carbono a longitudes de onda cercanas a los 15  $\mu\text{m}$  permite una medición indirecta de la temperatura de la atmósfera. Ventanas atmosféricas, por ejemplo, partes del espectro donde la atmósfera es transparente a la luz infrarroja, permiten que la temperatura de la superficie de la Tierra sea determinada por la porción del espectro entre 5 y 8  $\mu\text{m}$ ; una determinación indirecta del ruido en el aire.

No sólo estas mediciones proveen una temperatura total aparente o humedad en la parte superior de la atmósfera, ya que pueden también usarse para dar perfiles precisos de temperaturas y concentraciones de vapor de agua.

Este proceso transforma el instrumento FTS en una sonda poderosa, dedicada a la medición de parámetros atmosféricos valiosos, los cuales son usados para alimentar los modelos de predicción del clima.



## La sonda infrarroja atmosférica

Estas sondas atmosféricas infrarrojas pueden ser llevadas en dos tipos de satélites. El primer tipo es el de los satélites de orbitaje bajo en la Tierra (LEO), cuyas orbitas están a altitudes entre los 700 y 850 km. El segundo tipo está a una altitud de 36,000 km en una órbita denominada geosíncrona. Estos dos tipos de órbitas conllevan diferentes necesidades, pero también tienen distintos retos tecnológicos y restricciones.

En uno de órbita de Tierra baja, el artefacto espacial toma 100 minutos para dar una vuelta al planeta. Para evitar los efectos de la sobre posición (debido a la gran velocidad del satélite relativa a la superficie de la Tierra), la medición debe ser muy corta. Esto da grandes demandas a la sensibilidad del instrumento.

Instrumentos Geosíncronos, por el otro lado, siempre se alinean con la misma localización en la superficie, permitiendo que la medición tome mucho más tiempo.

Sin embargo, la mayor distancia del artefacto de la superficie de la Tierra significa que la cantidad de luz que alcanza el sensor es pequeña, afectando una vez más los requerimientos de sensibilidad.

Además las sondas geosíncronas no pueden proporcionar mediciones globales de la Tierra puesto que están estacionadas con una latitud dada.

## Análisis Fourier y el Efecto Invernadero

La Tierra está expuesta a grandes radiaciones solares (cerca de  $1.7 \times 10^{17}$  W fuera de la atmósfera, o 1,366 W por metro cuadrado, con una longitud de onda pico de 500 nanómetros). Si toda esta energía quedara atrapada en la Tierra, la superficie del planeta se calentaría muy rápidamente. Afortunadamente, la Tierra pierde cerca de 30 por ciento de esta radiación por reflexión, el resto es absorbido por la Tierra (16 por ciento por la atmósfera, tres por ciento por las nubes y 51 por ciento por la Tierra y el agua).

La radiación hace posible la vida en la Tierra, ya que genera la fotosíntesis en las plantas, energiza el ciclo del agua y produce fenómenos naturales. Esta energía es eventualmente reemitida como radiación sobre un amplio rango de frecuencias (con pico máximo alrededor de los 15 micrómetros en el infrarrojo).

Alrededor de 71 por ciento de la radiación de la superficie es, sin embargo, reabsorbido por la atmósfera, desacelerando la velocidad de enfriamiento natural de la Tierra. Sin esta absorción, la temperatura promedio de la Tierra sería de  $-17^\circ\text{C}$  (en lugar de  $+15^\circ\text{C}$ ). El incremento observado en los gases invernaderos está impulsando la habilidad de la atmósfera de absorber radiación, de tal manera que se incrementa la temperatura de la superficie. (La concentración de CO<sub>2</sub> se ha elevado de 313 ppm en 1960 a 375 ppm en el 2005 de acuerdo con el observatorio Mauna Loa en Hawai).



Para obtener mayores datos, la Agencia Espacial Japonesa desarrolló una misión satelital. Su Satélite de observación de gases (GOSAT) usa un interferómetro diseñado y construido por ABB. Éste ciertamente proveerá de mayor información en la concentración de las moléculas que contribuye al efecto de calentamiento de la superficie de la tierra.

El mecanismo ahora conocido como el efecto invernadero, no es un nuevo descubrimiento.

Fue por primera vez postulado en 1824 por Joseph Fourier y cuantificado por Svante August Arrhenius en 1896. Es interesante notar que Fourier hizo mucho trabajo en la descripción matemática de la conducción del calor y la radiación infrarroja, haciendo de esto un ajuste con el otro gran descubrimiento: el Análisis Fourier; que permanece como una parte indispensable del instrumento.

Los sensores actualmente usados por la sonda atmosférica en el área infrarroja térmica usan un arreglo de filtros de banda angosta para proporcionar información espectral. El número de filtros que puede ser montado es limitado (a menudo no más de 20). Además debido a la naturaleza de los filtros y el ancho de la cobertura espectral requerida, las bandas espectrales no están contiguas, lo que significa que hay muchas ventanas en el espectro y, por lo tanto, información faltante.

Una sonda infrarroja basada en un Espectrómetro dispersivo o en un Espectrómetro de Transformada de Fourier (FTS) ofrece una mucho más contigua vista. Por ejemplo, el CrIS (Cross Track Infrared Sounder) provee más de mil trescientos canales espectrales de información y será capaz de medir perfiles de temperatura con una resolución vertical de 1 km a una exactitud cercana a un grado Celsius.

La tecnología FTS ha sido escogida para reemplazar las sondas basadas en filtros usadas en artefactos LEO, ya que ofrece muchas ventajas. Por ejemplo, la respuesta espectral del instrumento puede ser fácilmente modelada e incluida en los modelos reformulados. Debido a su referencia espectral a bordo –un diodo láser monocromático– la respuesta espectral del instrumento es también muy estable por toda la vida de la misión.

Además, la tecnología FTS es robusta y altamente confiable, haciéndola ideal para misiones operacionales de largo plazo. ABB está actualmente bajo un contrato con ITT Industries para construir las sondas CrIS para los satélites NPOESS (Nacional Polar Operacional Environmental Satellite System). ABB está diseñando y construyendo el interferómetro y su sistema de metrología y el cuerpo negro, que será usado para calibración radio métrica en instrumentos de vuelo. ABB también está involucrado en la definición de algoritmos de procesamientos de datos nivel-uno.

Las actividades de mejoramiento de la confiabilidad tomaron su etapa central muy al principio del desarrollo del programa. Éstos incluyeron pruebas de vida en las hojas flexibles, y el desarrollo de criterios de filtrado para la selección de diodos láser que serán usados por el FTS. Para incrementar aún más la confiabilidad, redundancia total fue implementada en el submódulo de metrología y para la electrónica.

Los mecanismos de escaneo son de un diseño sin fricción montado-flexible, que evitan el desgaste del ensamble en movimiento, el cual es a menudo un problema en la instrumentación espacial.

La entrega de la primera unidad de vuelo se llevó a cabo en noviembre de 2005 y los modelos de vuelo dos y tres fueron añadidos en los siguientes meses. La tecnología FTS ha sido escogida para reemplazar las sondas basadas en filtros usadas en satélites LEO.

## Décadas de experiencia

El involucramiento de ABB en la medición de gases en atmósfera superior proviene cerca de 1970, cuando la compañía (entonces Bomem Inc.) diseñó y asistió la operación de un zeppelin con un instrumento FTS para los servicios ambientales atmosféricos de Canadá.

Los Espectrómetros de Transformadas de Fourier (FTS) modulan el haz infrarrojo en una longitud de onda selectiva por medio de interferencia óptica. Este método para obtener un espectro es elegante, poderoso y flexible. ABB ahora provee soluciones completas FTS para el mercado analítico. Construyendo en la experiencia de programas, tales como ACE/SciSat-1, CrIS/NPOESS, y usando el Know-how de su analizador de proceso, ABB ha creado una plataforma de Espectrómetro de Transformada de Fourier altamente confiable.

Como se indicó en “Una vista al Universo”, la tecnología FTIR fue originalmente diseñada para mirar hacia el espacio, encontrando luego su camino en un gran rango de otras aplicaciones; la tecnología ha sido lanzada en órbita y está mirando hacia la Tierra desde el espacio. La experiencia de ABB en el diseño y manufactura de Espectrómetros de Transformada de Fourier continuará al servicio de las necesidades de observación atmosférica durante muchas décadas.

