

Informe Científico-Técnico

“Optimización de las observaciones radioastronómicas solares en la Estación Radioastronómica de La Habana”

Proyecto:

“Análisis y caracterización de eventos solares tipo pulsantes con estructura temporal fina y del sistema dinámico Viento Solar-Magnetosfera-Ionosfera”

Programa:

“Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación”

Institución ejecutora:

Instituto de Geofísica y Astronomía

Jº Proyecto: Lic. Adolfo L. Méndez Berhondo

Grado Científico: Doctor en Ciencias Geofísicas

Categoría Científica: Investigador Titular

Departamento de Astronomía, Instituto de Geofísica y Astronomía

Agencia de Medio Ambiente

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

La Habana, Cuba

- 2014 -

Índice

Resumen	43
Introducción	43
Resultados y Discusión	45
Conclusiones	46
Anexos	46

Resumen (215 palabras)

El objetivo fundamental de esta tarea es sustituir el actual sistema para la observación y adquisición de la data primaria de la radioemisión solar en la Estación Radioastronómica de La Habana. Con esto se logra optimizar las observaciones radioastronómicas solares en la Estación Radioastronómica de La Habana y nos permite, por una parte, reinsertarnos en el Servicio Internacional del Sol, y por otra obtener observaciones de la actividad solar en ondas de radio con la calidad necesaria para plantearnos tareas de investigación de punta. Para esto nos planteamos las siguientes tareas específicas:

- 1) Diseñar un sistema de control automático para el posicionamiento por efemérides en los radiotelescopios de la ERH, que sea capaz de seguir trayectorias no eclípticas.
- 2) Diseñar un sistema de adquisición de datos con alta resolución temporal como sustituto de los bloques de baja frecuencia empleados actualmente en la Estación Radioastronómica de La Habana.
- 3) Integrar ambos sistemas en el diseño de un SCADA, que sea capaz de almacenar y procesar grandes volúmenes de datos, y controlar la posición de los radiotelescopios.

El 100% de los componentes electrónicos utilizados en la ejecución de esta tarea, fue donado por el Instituto de Geofísica de la UNAM, lo cual implica un ahorro significativo de divisas por concepto de sustitución de inversiones para la importación.

Introducción

El Servicio Solar se refiere a las observaciones de la actividad solar tanto en ondas de radio, como ópticas. Específicamente, estas observaciones en ondas de radio se realizan en la Estación Radioastronómica de La Habana operada por el Instituto de Geofísica y Astronomía, AMA-CITMA.

Las tareas fundamentales que allí se ejecutan son:

- Observación y reporte diarios de la actividad solar en las frecuencias de 9500 MHz, y 6700 MHz,
- Análisis de las observaciones y reporte de la densidad integral de flujo solar,
- Observación, análisis, clasificación y reportes de las explosiones solares,

En septiembre de 1969 comenzaron las observaciones de la radioemisión solar en la Estación Radioastronómica de La Habana. Situada en el *campus* del Instituto de Geofísica y Astronomía. La Estación Radioastronómica de La Habana forma parte de una red de estaciones similares para la observación y patrullaje de la actividad solar en ondas de radio, distribuidas en todos los continentes del planeta. La Estación cuenta con dos (2) radiotelescopios sintonizados en diferentes frecuencias de la banda de radio del espectro electromagnético. Las observaciones se realizan diariamente entre las 13:00 horas UT y las 22:00 horas UT. Se mide la densidad de flujo solar integral¹ en las frecuencias de 9500 MHz y 6700 MHz². Estas observaciones constituyen un elemento importante para la predictibilidad a corto plazo (días) de las tormentas geomagnéticas,

¹ La densidad de flujo solar integral se mide en unidades de flujo solar, 1 unidad de flujo solar = 10^{-22} Wm⁻² Hz⁻¹

² En el pasado llegó a contar con 3 radiotelescopios que operaban en las frecuencias de 15000, 280 y 235 MHz.

perturbaciones ionosféricas, etc., fenómenos estos pueden afectar severamente varios aspectos de la tecnología y la sociedad.

La Estación Radioastronómica de La Habana, es **ÚNICA** en el país. No existe ninguna institución de los órganos de la administración central del estado cubano, ni privada, que realice este tipo de observaciones y reportes, imprescindibles hoy en día en un mundo con una tecnología cada vez más dependiente del estado del espacio físico que rodea a la Tierra, estado que depende de la evolución de la actividad solar. Estas observaciones nos hacen absolutamente independientes de otras instancias e instituciones foráneas a las que tendríamos que recurrir de no contar con ellas en nuestro país. Organismos como el Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, el Ministerio del Interior, el Ministerio de las Comunicaciones, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, entre otras, han sido usuarios de estos servicios, y son potencialmente dependientes, ante determinados eventos, de las observaciones y reportes que en nuestras estaciones se realizan.

La Estación Radioastronómica de La Habana fue automatizada en un primer intento en la década de los años 90 usando tecnología ya obsoleta desde entonces, pero era con la que se contaba en aquel momento. Dicha automatización, a pesar de todo nos permitió adquirir experiencia en el tema, lo que más adelante, al desaparecer la colaboración con instituciones de la Unión Soviética, contribuyó a poder llevar a cabo un proceso de automatización ya con tecnología más actualizada en colaboración con el Instituto de Cibernética, Matemática y Física del CITMA.

A comienzos de la década pasada, se sustituyó el sistema original para la observación y adquisición de la data primaria de la radioemisión solar. En colaboración con especialistas del Instituto de Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF) del CITMA, se implementó e instaló un sistema a base de el empleo de módulos ADAMs, los cuales permiten una comunicación muy flexible entre el instrumental a automatizar y la computadora que dirige el proceso. El sistema implementado permitió automatizar la dirección y posicionamiento de las antenas de los radiotelescopios, los procesos de calibración y medición automática, así como la adquisición de los datos y su elaboración primaria, todo bajo un software denominado ASTRODATA, confeccionado a la medida. Este software ofrece una pantalla con el instrumento virtual mediante el cual se llevan a cabo todas las operaciones de los radiotelescopios. Esto representó un salto cualitativo significativo respecto al sistema original ya obsoleto según los requerimientos y la tecnología actual, al automatizarse gran parte del proceso de observación y sustituir los antiguos registradores analógicos. No obstante, este sistema presentaba deficiencias y aún no era lo suficientemente autónomo.

Dicho sistema ya lleva algo más de 10 años funcionando aceptablemente para los fines del diagnóstico de la actividad solar en ondas de radio, aunque con deficiencias y limitaciones. Esto nos llevó a pensar en el diseño de un nuevo sistema automatizado que permite un mejor y más preciso posicionamiento de las antenas, una mejor resolución temporal en los datos obtenidos, así como una mayor flexibilidad en la configuración de los principales parámetros que se manejan con el mismo.

Por esta razón y a sazón de un convenio de colaboración con el Instituto de Geofísica de la UNAM, nos planteamos la tarea de mejorarlo con la ejecución de las tareas que en este informe se describen.

En la actualidad el procesamiento de estas señales en la ERH se realiza en bloques de baja frecuencia totalmente analógicos, con una resolución temporal de 1 segundo. Estos presentan frecuentes fallos y serias dificultades en la reparación. Además de esto, la data obtenida no permite plantearse tareas de investigación de fenómenos con tiempos característicos menores de 1 s. El aumento de la resolución temporal se puede lograr con antenas medianas (como las nuestras). En nuestras condiciones económicas no es posible instalar nuevos radiotelescopios, pero sí podemos mejorar la resolución temporal de los ya existentes, que es de 1 segundo. En cualquier caso es imprescindible contar con un sistema de control de trayectorias para obtener una medición útil. Con este propósito, Nos propusimos diseñar un sistema de control automático que sea capaz de seguir trayectorias no eclípticas y diseñar un sistema de adquisición de datos con alta resolución temporal.

NOTA: Al final de este Informe Científico-Técnico se anexan tres artículos científicos publicados en los cuales se pueden seguir en detalle todos los aspectos tratados en este Informe Científico-Técnico.

Resultados y Discusión

Para el desarrollo de las tareas programadas, fue necesario

- 1) el estudio de los requerimientos y algoritmos necesarios para lograr el control de posición por efemérides,
- 2) el estudio de los requerimientos y algoritmos para incrementar la resolución temporal de las mediciones,
- 3) el diseño y programar las interfaces necesarias para el control de posición por efemérides y la adquisición de los datos con alta resolución temporal

Se diseñaron las interfaces que deben muestrear con alta resolución temporal, procesar en tiempo real, almacenar y transmitir por un bus RS-485, más de 3GB diarios de mediciones obtenidas de las señales radioeléctricas detectadas por estos sensores.

Se desarrollaron un controlador PID Profesional y un PID Difuso preparados para regular diversos procesos en tiempo real, como son el control de la posición y la resolución temporal, además de un sistema de adquisición de datos que permita comparar su comportamiento sin requerir computadoras de altas prestaciones o un sistema operativo en tiempo real. Estos se implementan de forma discreta, permitiendo su programación en microcontroladores PIC. Para lograr observar el comportamiento del sistema en tiempo real se ha desarrollado un sistema de adquisición de datos que permite, a través de comunicación por puerto serie, configurar los controladores y monitorear el comportamiento del sistema a controlar. El desarrollo de estos controladores resulta mucho más barato que el de otros, principalmente que otros controladores inteligentes. Estas y muchas otras ventajas rodean a los controladores basados en lógica difusa, lo que justifica su uso en situaciones diversas y su estudio en la rama de la ingeniería de control. Estos algoritmos se pueden implementar en su forma discreta, lo que permite su programación en un microcontrolador que, además de ser un dispositivo de bajo costo, permite una mayor velocidad de procesamiento y le da portabilidad y adaptabilidad al controlador. También ofrecen la posibilidad de comunicarse a través de puerto serie con el usuario para variar diferentes parámetros a través de un software, mediante el

cual se pueden almacenar datos y observar en tiempo real el comportamiento del sistema. Los microcontroladores PIC utilizados son una familia manufacturada por *Microchip Technology Inc.* El PIC elegido fue el 18F4550, ya que cumple con las características mínimas necesarias para el desarrollo del proyecto.

Se diseñó un sistema para el seguimiento de las trayectorias predefinidas mediante algoritmos de control de posición, realimentados por inclinómetros o sensores de posición angular para lo cual se emplea el inclinómetro SCA121T. Este posee un rango de medición de $\pm 90^\circ$ con una precisión de 0.1° y una resolución de 0.001° . El funcionamiento es, además, totalmente autónomo. Para su implementación se propone el empleo de un DSP en la interfaz principal, de un microcontrolador en la pasarela RS-485/USB y otro en un dispositivo inalámbrico para la configuración y la puesta a punto del sistema. También se muestran los resultados obtenidos mediante la simulación del controlador en Proteus.

Como software de adquisición de datos y configuración se seleccionó el Qt Creador. Este es un IDE completamente integrado para el desarrollo de proyectos basados en las librerías Qt mediante el lenguaje C++, y está disponible tanto para plataformas Windows como Mac OS X y Linux. Gracias al uso de estas librerías este IDE presenta alta portabilidad ya que permite utilizar el mismo código sobre diferentes plataformas sin realizar grandes cambios.

Conclusiones

Con el desarrollo de estas tareas, nos permitió:

- 1) el diseño de un sistema para el seguimiento de las trayectorias predefinidas mediante algoritmos de control de posición,
- 2) el diseño de un sistema de adquisición de datos con alta resolución temporal,
- 3) la integración de ambos sistemas en un SCADA¹, el cual permite recolectar la data y supervisar y controlar el proceso en un único ambiente integrado.

Con esto, una vez implementado, se optimizarán sustancialmente las observaciones y la adquisición de la data primaria de la radioemisión solar en la Estación Radioastronómica de La Habana. Nos permite reinsertarnos en el Servicio Internacional del Sol con una data mucho más ajustada a los requerimientos actuales de los centros mundiales de datos. Además, nos permite plantearnos tareas de investigación de punta de procesos y fenómenos de la Actividad Solar, como son las explosiones con tiempo característicos menores de 1 s.

Hay que añadir que el 100% de los componentes electrónicos utilizados en la ejecución de esta tarea, fue donado por el Instituto de Geofísica de la UNAM, lo cual implica un ahorro significativo de divisas por concepto de sustitución de inversiones para la importación.

Anexos

Anexo 1: Diagrama del sistema de adquisición de datos y posicionamiento.

¹ Supervisory Control And Data Acquisition (Sistema de adquisición de datos, supervisión y control)

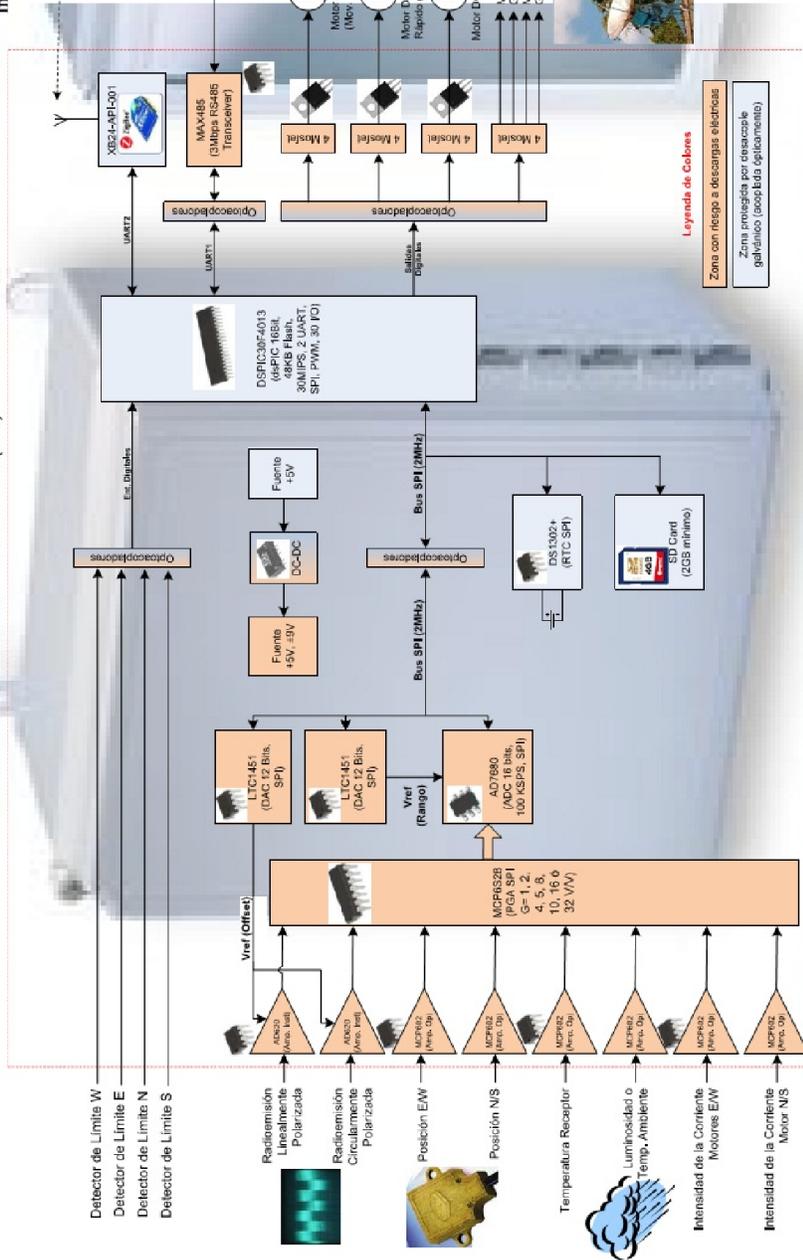
Anexo 2: artículo “Desarrollo de controladores basado en microcontroladores PIC”. Publicado en *Memorias del Tercer Congreso Virtual Microcontroladores y sus Aplicaciones* (2014).

Anexo 3: artículo “Diseño y Simulación de las Interfaces para la Adquisición de Datos y el Control de la Posición de Radiotelescopios”. Publicado en *Memorias CIINDET* (2014).

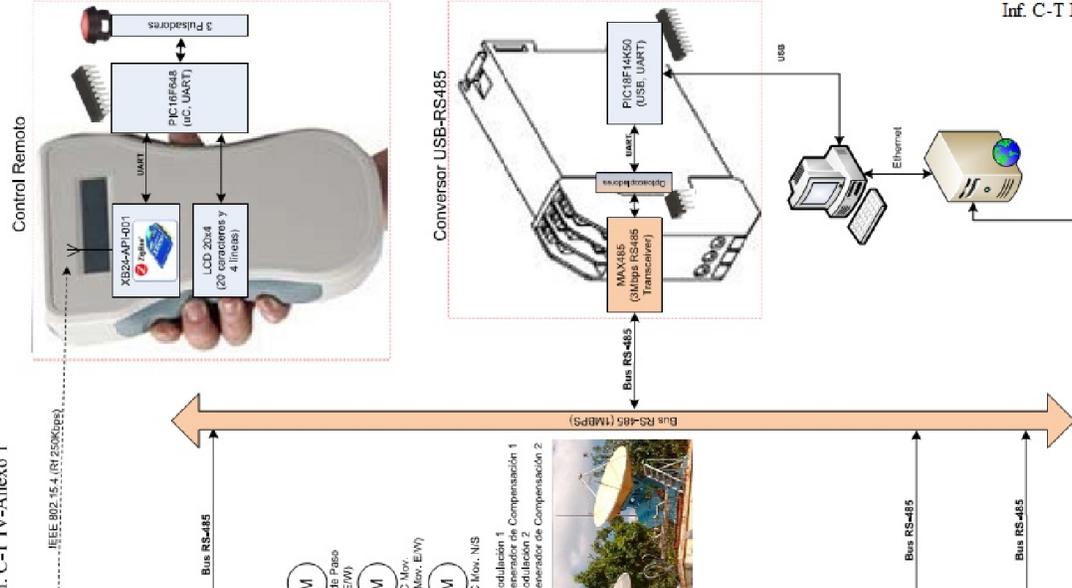
Anexo 4: artículo “Adquisición de datos con alta resolución temporal y control de la posición en radiotelescopios”. Publicado en *Control, Cibernética & Automatización* Vol. 1, No.2 (2013).

ASTRODATA II - SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LOS RADIOTELESCOPIOS DE LA ESTACIÓN RADIOASTRÓNOMICA DE LA HABANA

Controlador 1 (RT1)



Inf. C-T IV-Anexo 1



Inf. C-T IV-Anexo 1

Controlador 2 (RT2)



Controlador 3 (RTM)



Principales Características

- Posicionamiento y seguimiento automático por efemérides.
- Inicio y parada automática de la observación según posición del astro.
- Medición de hasta dos señales analógicas diferenciales ($\pm 4.0.96V$) provenientes del receptor, y procesamiento de las mismas según funciones de Down Converter.
- Ajuste de offset y del rango de medición de forma automática, para mantener máxima resolución con un ADC de 16 bits.
- Muestreo de hasta 1000 veces por segundo, que genera alrededor de 2GB de información en 12 horas de observación. Estas mediciones se pueden almacenar en una memoria SD y transmitirse vía RS-485 al final de la observación.
- Bus RS-485 para configuración y supervisión de cada radiotelescopio.
- Aislamiento galvánico para proteger los datos y parte del circuito de control.
- Diagnóstico del funcionamiento de motores.
- Control manual con dispositivo inalámbrico que permite configurar y operar cada radiotelescopio.