

Informe anual de beca

Algoritmos de Procesamiento de Imágenes para Tomógrafo por Emisión de Positrones

PABLO SLAVKIN

Beca Tipo A-1 Número 232

Período Enero 2015- Diciembre 2015

Director Ing. Claudio Verrastro

Comisión Nacional de Energía Atómica, CNEA

3 de agosto de 2016

Resumen

En el marco del desarrollo de un tomógrafo PET que se encuentra en sus etapas decisivas y próximo a su puesta en marcha son muchas y muy diversas las tareas pendientes para cumplir los plazos. Se expondrán algunas de las realizadas que se inician con la lectura del material básico la exploración de la documentación y material existente, una curso avanzado en técnicas digitales, la toma de contacto con las herramientas de hardware y software específicos, para luego comenzar a introducir cambios, mejoras y propuestas en los problemas aun no resueltos. Se participó en la codificación VHDL del procesador de coincidencias, gestión y ordenamiento de la información y documentación, desarrollo de software y scripts de adquisición, puesta en marcha de una mesa de control numérico para automatización de adquisiciones, entre otros. Finalmente se cuenta con una base formal y muy amplia del equipo en general y de ciertos temas de interés en particular para, en el corto plazo, dirigir los esfuerzos hacia el procesamiento de imágenes propiamente dicho , pudiendo contar para entonces con la información generada por el flamante instrumento.



Índice

Índice de figuras

1. Mesa de control numérico

El tomógrafo tiene una geometría hexagonal con 1 cristal por cada lado como se ve en la figura ??, cuando uno de los cabezales detecta un fotón es preciso obtener la coordenada exacta en donde se produjo el impacto usando la información conjunta de los 48 detectores internos. Para tal fin se pueden utilizar diversos algoritmos de estimación pero para probarlos generalmente se hace recorrer una muestra puntual con un colimador por cada posición posible del cabezal y se relevan los datos.

Esta tarea es muy repetitiva, requiere de largas exposiciones a material radioactivo y generalmente se repiten con cada cambio introducido en el hardware.

Para minimizar el impacto de esta tarea se ha diseñado una máquina que permite cargar con el colimador y posicionarlo en la coordenada deseada del cabezal, hacer la adquisición durante un determinado tiempo, luego moverla a otra posición, y repetir el proceso, de manera de que la tarea es totalmente automatizada.

Se trabajó en la reconstrucción de la máquina, realizando íntegramente un conexiónado nuevo, una mejora en la mecánica y principalmente se hizo el recambio completo del controlador, que se encontraba en malas condiciones por un controlador basado en software para PC.

Se diseñó desde cero la aplicación [?] que resuelve con creces los requerimientos necesarios para la tarea y se generó toda la documentación para permitir mejoras y cambios con mucha facilidad. Actualmente encontró también otros usos en la puesta en marcha de los cabezales y entrenamiento de redes neuronales asociadas a la determinación de la coordenada de impacto.

En la figura ?? se puede ver una foto del equipo ejecutando un recorrido de calibración en donde se usa un trazador para dibujar y calibrar el sistema y una captura de pantalla del software en ejecución.

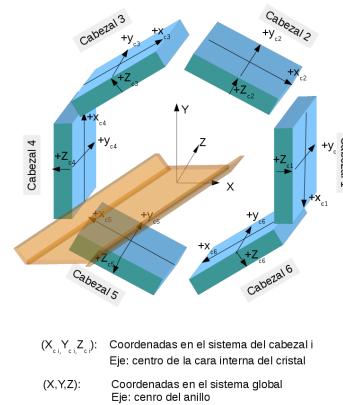


Figura 1: Esquemático de disposición de cabezales AR-PET

2. Gestión del PET con Redmine

Debido al gran volumen de información acumulada por varios años y el recambio de integrantes del grupo de trabajo se hizo indispensable la implementación de un sistema de gestión de proyectos y un re ordenamiento de la documentación de forma tal de poder compartir el acceso a la información y establecer reglas de documentación comunes para facilitar la búsqueda y lectura. Para ello se participó muy activamente en la instalación de un servidor Linux dedicado para tal fin, con servicios de archivos compartidos, un gran árbol de directorios ordenados siguiendo los mismos nombres usados en la documentación de calidad, y principalmente Redmine [?], ver figura ??, un sistema de gestión de proyectos, el cual se ajustó para albergar la topología de la información que se buscaba, el acceso a los integrantes del grupo, asignación de tareas, y una wiki con acceso web en donde se pueden consultar muy fácilmente y de manera cómoda todas las áreas en donde se está trabajando, documentación de software, tramas de protocolos, etc. Esta siendo usada ampliamente como herramienta de interconsulta entre los miembros del grupo y al implementarlo no solo representó una tarea informática sino que a su vez el contacto y la necesidad de organizar esta documentación forzó la asimilación de muchos de los criterios de trabajo, compras y provisión de materiales, gestión de calidad, etc.

3. Control de versiones con Git

Debido a las numerosas versiones de códigos que se vienen usando desde el inicio del proyecto y las próximas que se esperan generar se decidió implementar un nuevo sistema de control de versiones

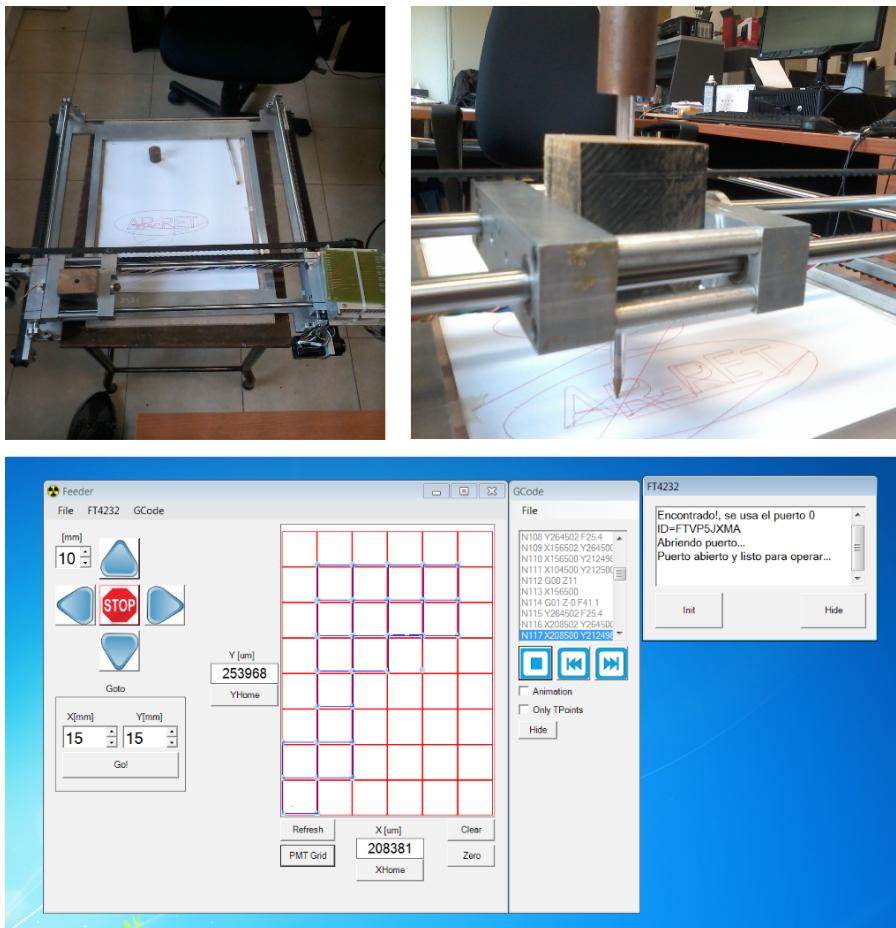


Figura 2: Vista de la mesa real y una captura de pantalla del software desarrollado para su control

The figure shows three screenshots of a Redmine instance. The top screenshot shows the 'Projects' page with a list of projects under '01-Pet', including sub-issues like 'Calibraciones' and 'J042 interfaz usb high speed'. The middle screenshot shows the 'Issues' tab for the '01-Pet' project, displaying a single open issue with details and attachments. The bottom screenshot shows the 'Gantt' chart, which tracks tasks over time from October 2015 to March 2016, with various tasks listed along the timeline.

Figura 3: Algunas capturas de Redmine en operación

edcd47f6	○ ○	04/20/2015 10:02 AM	Matias Scremin	Agrego Source del bloque coincidencia para hacer la primer prueba de buscar coincidencia
b27f9045	○ ○	04/17/2015 04:09 PM	Pablo Slavkin	Inicio del Merge con algoritmo_augusto Arrancamos metiendo el file coincidencia.vhd en donde esta el kernel de la cuestion.. se hizo un analisis y se intentara ponerlo en marcha mezclandolo con lo que ya esta de comunicaciones
a05db412	○ ○	04/17/2015 04:04 PM	Matias Scremin	Se hicieron cambios sobre el source de coincidencia coin6, para hacer la primer prueba de migrar ese bloque al algoritmo de comunicacion y debuggearlo
07f1be04	○ ○	04/17/2015 10:33 AM	Pablo Slavkin	Con Matias, entendiendo el codigo de Augusto Con intencion de comenzar el merge de algo-comm estamos entendiendo el algoritmo de agosto para engancharlo con el ultimo comm de fede-matv arrancamos con coincidencia.vhd y luego seguiremos
271ee566	○ ○	04/16/2015 02:09 PM	Pablo Slavkin	Desarmando el proyecto para ir de abajo para arriba. Esta todo sucio... es solo el arranque de la limpieza pero no funciona.. solo estoy probando cosas
4483fec0	○ ○	04/16/2015 01:58 PM	Federico De la Cruz Arbizu	Agrego carpeta Software que incluye el soft de recepcion USB para trama de 28 Bytes y el soft de Matlab para graficar el .log adquirido. Para esto se volvio a compilar la funcion que parsea el dato crudo para que se pueda trabajar con 28 Bytes en vez de 200
1d376b21	○ ○	04/16/2015 01:50 PM	Federico De la Cruz Arbizu	Creo carpeta Firmware con todo lo referente a la prueba de la recepcion de LVDS a 100MHz y envio de la misma por USB-HS hacia PC con longitud de trama de 28 Bytes. En la carpeta Software se incluye el soft USB modificado para levantar este tipo de trama
720a9928	○ ○	04/15/2015 04:46 PM	Federico De la Cruz Arbizu	cambio de trama de USB a una longitud de trama de 28 bytes
7a1186ed	○ ○	04/15/2015 02:35 PM	Federico De la Cruz Arbizu	Agrego los archivos al GIT del ipcire

Figura 4: Visualización de versiones Git en Redmine



Figura 5: Hardware y software involucrados en el desarrollo de coincidencias

distribuido y apropiado para el cometido; para lo cual se adquirió conocimientos sobre el sistema de control de versiones Git [?], y se compartió dicha información con el resto del grupo para coordinar el modelo de uso, y es el sistema que actualmente se está usando en todas las áreas del proyecto, y a su vez se lo ha sincronizado con Redmine, figura ?? para poder visualizar cómodamente las distintas versiones de cada proyecto, los cambios generados, comentarios del codificador y demás utilidades siendo esto de mucha practicidad para evitar duplicar trabajo o extraviarlo

4. Coincidencias de eventos en VHDL sobre FPGA

Básicamente el trabajo de un PET, consiste en determinar la posición de partida de una pareja electro-positrón emitidos por la desintegración de un material radioactivo apropiado.

Generalmente la detección de cada partícula se realiza en detectores dispuestos alrededor de la muestra en estudio pero la determinación de las parejas se realiza en procesadores externos que recolectan la información de los detectores.

En el caso del AR-PET este trabajo se realiza dentro de la misma disposición mecánica mediante una FPGA de gran poder de calculo, lo que permite construir un instrumento autocontenido que ofrece directamente la información útil. Se participó en el rediseño del código VHDL utilizado para realizar esta búsqueda, dicha tarea estaba parcialmente codificada, pero se encontró que no era el método apropiado y se lo reescribió de manera mas simple y con mejor performance. En la figura ?? se muestran los elementos involucrados en el desarrollo.

5. USB High Speed

Como resultado de la etapa de análisis de coincidencia comentado en el apartado anterior se obtiene la información cruda que entrega el instrumento. Esta información luego se deberá procesar para convertirla en una imagen de utilidad médica. Para ello el AR-PET aloja dentro de su propia estructura un computador miniatura pero de gran potencia que deberá recibir la información de la FPGA y almacenarla de manera fiable, ya que son datos que están sucediendo en tiempo real a muy alta tasa sin posibilidad de hacer retransmisión en caso de falla y donde cada dato perdido repercute directamente en el tiempo del estudio, el cual se desea mantener el mínimo posible. La interfaz originalmente elegida fue USB de categoría high speed de la firma Cypress, figura ??, y permite comunicar la FPGA de coincidencias y este computador [?] [?]. Esta comunicación ya se venía usando pero con serios problemas de perdida de datos y baja estabilidad en adquisiciones largas, con lo cual se retomó el trabajo para poder resolverlos y se determinó que para poder usar debidamente dicha interfaz a su máxima performance se requiere del desarrollo de cinco etapas

1. Programación del SOC, de Cypress
2. Programación de las bibliotecas de Linux para la recepción en USB HS
3. Programación en C para Linux para operar la biblioteca
4. Programación de la FPGA para el envío de la información al SOC
5. Scripts en Bash para usar el programa ejecutable y permitir automatizar las adquisiciones

Se puede ver en la figura ?? un esquema en bloques de las partes involucradas [?] [?] [?]. Se desarrollaron las cinco etapas, algunas partiendo desde cero, y otra partiendo de trabajos previos, hasta dejar todo el sistema en funcionamiento y documentado, y se generaron las herramientas que se están usando actualmente para hacer las primeras adquisiciones logrando una pérdida de tramas por debajo de 30 tramas por millón y se han hecho largas adquisiciones sin problemas en la comunicación.

5.1. USB High Speed Bidireccional

Se trabaja también en una nueva idea en donde esta interfaz también permite hacer una comunicación bidireccional half duplex, de manera que no solo la PC podrá recibir los datos desde el PET sino que además la PC podrá transmitir datos de control y/o calibración hacia el PET. Esto simplifica muchísimo el método actual de 18 interfaces físicas seriales necesarias para el control de los 6 cabezales que componen el equipo. Se dieron los primeros pasos hasta lograr una comunicación de ida y vuelta y se dejaron planteadas y documentadas las herramientas para un análisis posterior.

6. Cursos y seminarios

6.1. Técnicas Avanzadas de Diseño Digital

Se está tomando actualmente el curso 'Técnicas Avanzadas de Diseño Digital 2015' a cargo del Ing. Guillermo Jaquenod en el marco de la carrera de doctorado de la UNICEN, y con posibilidad de obtener créditos para el doctorado en curso en la UTN. Se trata de un curso virtual de 1 hora semanal pero muy intensivo en las prácticas a presentar. Es al momento la base de criterios utilizados a la hora de codificar en VHDL las tareas que se vienen realizando. Todo el material del curso así como las prácticas pueden ser consultadas por el resto del grupo en la wiki del Redmine



Figura 6: Hardware de interfase USB high speed FPGA a PC

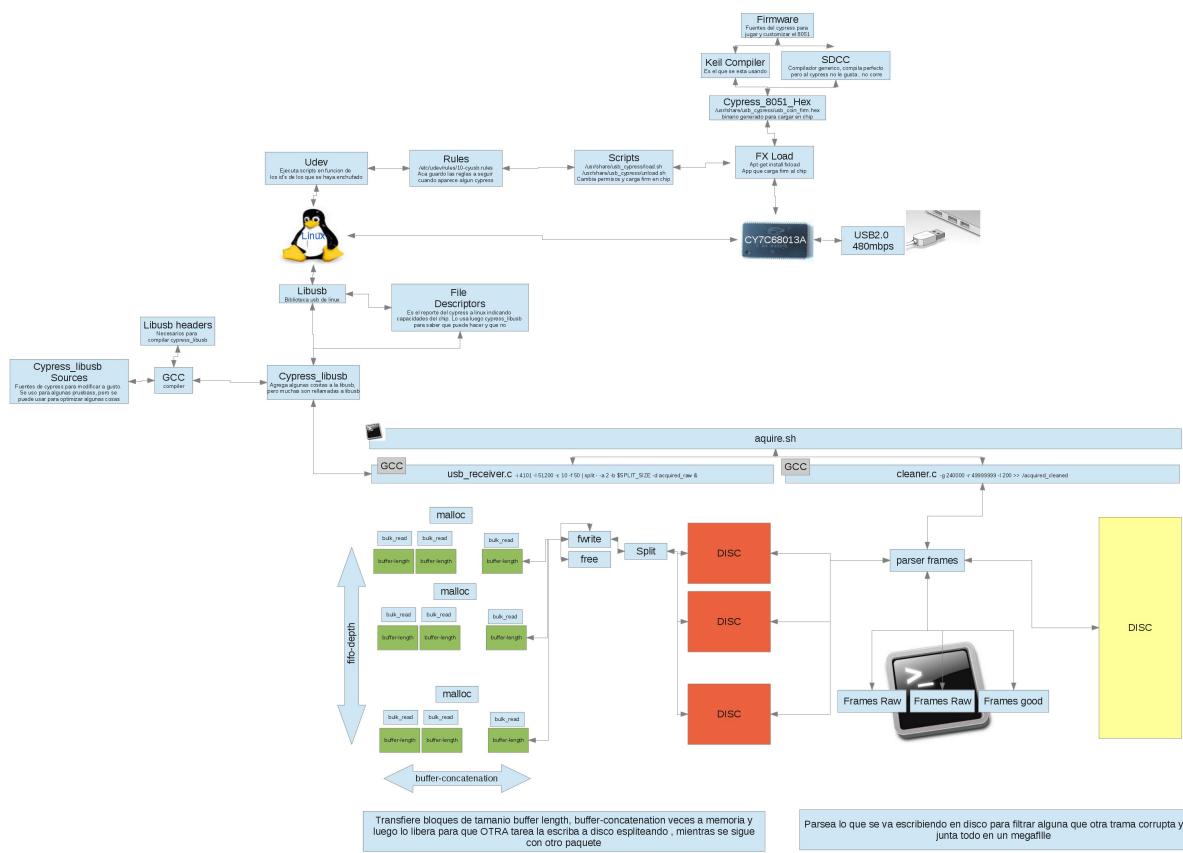


Figura 7: Bloques usados para operar en USB high speed

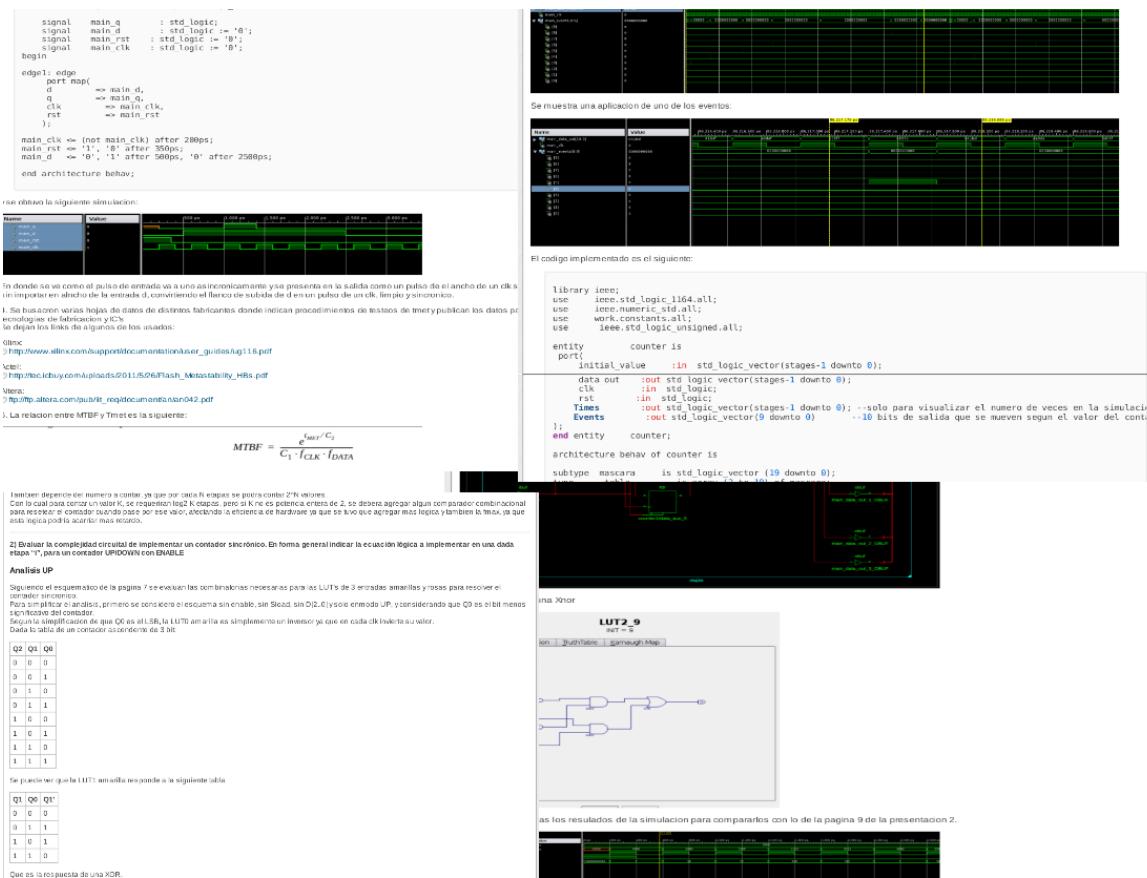


Figura 8: Recortes de algunas de las prácticas realizadas

6.2. SASE 2015

Se participó en el ‘Simposio Argentino de sistemas embebidos 2015’. Se resalta la participación en el workshop ‘Booteando Linux en una CIAA-NXP’, ver certificado en apéndice A figura ??.

7. Conclusión y Planificación 2016

Durante el presente período se realizaron trabajos muy diversos y en diferentes áreas priorizando la puesta en marcha del equipo a tiempo lo que ayudó a adquirir un conocimiento general, y en algunos casos particular del AR-PET. En cambio para el próximo período, con el equipo dando sus primeros resultados, el esfuerzo será mas singular y orientado al procesamiento, base sobre la cual se planea desarrollar la tesis. Se exponen a continuación dos temas que serán abordados en el siguiente período y que además de la formación personal, enriquecerán las prestaciones del AR-PET

7.1. Imagen de transmisión mediante información de scatter

El método mas común para el análisis con PET es usando un PET-CT, en donde durante el estudio, se captura la información de emisión del paciente para generar la imagen del PET y además se realiza una tomografía de rayos X de la cual se obtiene la información para formar una imagen de densidad del paciente, luego se fusionan ambas y el médico puede ver la imagen de los órganos superpuesta con la imagen funcional que proporciona el estudio PET. De los datos de la tomografía generalmente se obtienen los datos de transmisión necesarios para el correcto funcionamiento de los algoritmos de reconstrucción de las imágenes del PET. En otros casos estos datos de transmisión se pueden obtener mediante una tomografía de cámara gamma que se realiza al mismo tiempo que el PET. En ambos casos lo que se busca obtener es la morfología y densidad del paciente ya que de ello se desprenden



factores indispensables de corrección en los algoritmos de reconstrucción de la imagen final. En ambos casos se presentan dificultades. El primero incrementa el costo del equipo a la vez que se irradia al paciente con otra fuente adicional y tiene una complejidad mecánica importante. En el segundo, se debe mantener al paciente en una misma posición durante los dos análisis para evitar corrimientos a la hora de hacer las fusión en las imágenes, y esto es un factor negativo para el paciente y de error en la superposición, provocando degradación en la imagen final. Se pretende para el PET, resolver en parte algunos de estos problemas usando la información de los haces desviados por el cuerpo del paciente, que no formaran parte de la información útil para la reconstrucción de la imagen por haber perdido en el camino la información de procedencia, pero este desvió si contiene información de la densidad de la materia atravesada, que es justo lo que se necesita para la corrección en los algoritmos. Si la técnica resulta suficientemente precisa, el método no agregaría tiempo de estudio ni requiere de técnicas adicionales, y tampoco genera error por el movimiento del paciente ya que tanto la información de reconstrucción como la de atenuación se obtienen al mismo tiempo y totalmente sincronizadas.

7.2. CUDA - OPENCV

Una vez realizada la adquisición de los datos del estudio, o durante el mismo, es necesario procesarlos y convertir esos datos en una imagen. Para ello se implementan algoritmos iterativos de alta complejidad numérica que aún en computadores potentes toma bastante tiempo. Se pretende recodificar los algoritmos de reconstrucción para poder ejecutarlos en placas de video, usualmente fabricadas para procesamiento gráfico en video juegos, que son muy accesibles pero a la vez muy potentes, y existe un entorno de programación en el cual se las puede usar para todo tipo de tareas. En el caso de que esta técnica resulte exitosa se disminuiría notablemente el tiempo de reconstrucción de las imágenes, característica crítica para un estudio de este tipo.



A. Certificado SASE

SASE 2015 SIMPOSIO ARGENTINO DE
SISTEMAS EMBEBIDOS

Certificado de Asistencia

Por la presente certifico que **PABLO SLAVKIN**, DNI **25630214**, ha participado los días 12, 13 y 14 de Agosto de 2015 en el SASE 2015 en carácter de asistente.


Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Coordinador General SASE2015

Figura 9: Certificado de asistencia SASE2015