

Universidad de la República
Facultad de Ingeniería

Proyecto de fin de carrera

Recarga Fácil por Radio Frecuencia
RF²

Daniel Aicardi, Melina Rabinovich, Edgardo Vaz

Tutores: Ing. Juan Pablo Oliver, Ing. Andrés Aguirre

Montevideo, Uruguay

Julio 2011

RF^2

Resumen

El presente documento describe el prototipo Recarga Fácil por Radio Frecuencia, RF^2 . El mismo consiste en un sistema para recarga y consulta de tarjetas RFID como las que se utilizan hoy día en el sistema de transporte metropolitano (STM).

El prototipo es rápido y posee una interfaz de comunicación con el usuario para que el mismo comprenda sin problemas que es lo que está sucediendo.

En cuanto al hardware, consiste en una single board computer (BeagleBoard), un lector de tarjetas RFID, un lector de tarjetas de contacto (SAM), y una interfaz de usuario. Salvo la single board computer, el resto del hardware fue enteramente diseñado por el grupo de trabajo. El lector escritor de tarjetas RFID es el único pcb en el prototipo final que fue fabricado por el grupo, el resto fueron fabricados únicamente en etapas de prueba.

Agradecimientos

En primer lugar queremos agradecer a nuestras familias y amigos. Agradecemos a Leonardo Steinfeld, Nicolás Barabino, ¿Matías? y María Eugenia Corti por la ayuda que nos brindaron para sortear problemas. A Andrés Bergeret, Gonzalo Tabares, Klaus Rotzinger, Marcelo Fiori, Pablo Cancela, Ana y Claudia Rabino por facilitarnos las compras. Y a todos los que de alguna u otra forma colaboraron con nosotros.

para cuchu,
chuchuchu,
y pirimpirim jajaja

Índice general

Título	I
Resumen	II
Agradecimientos	III
Dedicatoria	IV
Tabla de contenidos	V
Índice de figuras	VII
Índice de cuadros	VIII
I Introducción	1
1. Descripción del proyecto	2
1.1. Definición	2
1.2. Antecedentes	2
2. Objetivo general del proyecto	3
2.1. ¿Qué y para qué?	3
2.2. ¿Por qué cambiar la arquitectura actual?	3
2.3. Alcance	4
2.4. Especificación funcional	4
2.5. Criterios de éxito	5
II Diseño	6
3. Hardware	7
3.1. Requerimientos	7
3.2. Arquitecturas estudiadas	7
3.3. Arquitectura seleccionada	8
3.4. Elección de hardware, módulos	8
3.4.1. SBC	8
3.4.2. VLT	8
3.4.3. Interfaz de Usuario	8
3.4.4. Lector de tarjetas de contacto	8

3.4.5. Lector-Escritor RFID	8
3.5. Funcionamiento general del prototipo	8
3.6. Funcionamiento de módulos	8
3.6.1. SBC	8
3.6.2. VLT	8
3.6.3. Interfaz de Usuario	8
3.6.4. Lector de tarjetas de contacto	8
3.6.5. Lector-Escritor RFID	8
4. Documentos y esquemáticos del hardware	9
4.1. Herramientas de diseño	9
4.2. SBC	9
4.3. Interfaz de Usuario	9
4.4. Lector de tarjetas de contacto	9
4.5. Lector-Escritor RFID	9
5. Software	10
5.1. Herramientas de diseño y desarrollo	10
 III Anexos	 11
 IV Bibliografía	 12

Índice de figuras

Índice de cuadros

Parte I

Introducción

Capítulo 1

Descripción del proyecto

1.1. Definición

A partir de la puesta en marcha del STM, surge la necesidad de consultar y recargar tarjetas RFID (utilizadas en dicho sistema) en línea (con conexión a un servidor de la Intendencia de Montevideo), de forma rápida, segura y auto-gestionada por parte del usuario, en diversos puntos de Montevideo.

1.2. Antecedentes

- AFE: Prototipo de sistema embebido capaz de cargar y consultar tarjetas RFID como las utilizadas en el STM. El mismo se compone de varios módulos: una SBC (single board computer), un lector-escritor de tarjetas RFID, un lector de tarjetas de contacto, un módem 3G/GPRS y una interfaz con el usuario que consta de un display, leds y buzzer.
- OpenPCD: Diseño de hardware libre para dispositivos de proximidad de acoplamiento (PCD) basado en comunicación RF de 13,56MHz. Este dispositivo es capaz de desplegar información desde Tarjetas de proximidad de Circuito Integrado (PICC) que se ajusten a las normas de proveedores independientes, tales como ISO 14443, ISO 15693, así como los protocolos propietarios como Mifare Classic.

Capítulo 2

Objetivo general del proyecto

2.1. ¿Qué y para qué?

En principio, el objetivo del proyecto era realizar un prototipo de sistema embebido mediante el cual se pudiera interactuar con tarjetas RFID (basadas en las normas ISO 14443) como las usadas en el STM. Mejorar la arquitectura actual del dispositivo AFE rompiendo dependencias tecnológicas con el actual lector-escritor de tarjetas Mifare.

Para lograrlo se partiría de la base de un dispositivo open-hardware y open-firmware (OpenPCD). Generar conocimiento dentro de la División Tecnología de la Información de la Intendencia de Montevideo.

Luego se dejó de lado el partir del dispositivo OpenPCD, para lograr un diseño propio de lector-escritor de tarjetas RFID.

2.2. ¿Por qué cambiar la arquitectura actual?

Como arquitectura precedente existe la del prototipo AFE (Artefacto Feo de Exhibir), realizada por el grupo de electrónica de la IM. La misma consiste en una SBC, que se fabrica con otro propósito y es utilizada en esta aplicación puesto que es la única forma de adquirir este tipo de hardware en plaza. A ésta se conectan a través de puertos USB, un lector-escritor de tarjetas Mifare, un lector de tarjetas de contacto, un modem 3G y un dispositivo diseñado a partir de un microcontrolador PIC, llamado USB4ALL, el cual es open-hardware y open-firmware, en el que se pueden conectar otro tipo de

dispositivos cuya interfaz nativa no sea USB, como ser displays, buzzer, leds, sensores, etc, los cuales no pueden ser conectados directamente a la SBC porque la misma no cuenta con los puertos de expansión necesarios.

Surge entonces la necesidad de cambiar la configuración de dicha arquitectura. Se hace necesario romper dependencias tecnológicas con el lector-escritor de tarjetas Mi-fare, ya que dejó de ser soportado por la librería pcsclite (a pedido del fabricante); y con la SBC, que es empleada en una aplicación específica y puede dejar de fabricarse o sufrir cambios drásticos que ya no permitan su uso.

2.3. Alcance

- **Hardware:** Se fabricará un módulo donde se insertará la tarjeta de contacto (SAM). Se agregará un display LCD 16x2, leds y buzzer como interfaz para el usuario. Se fabricará un módulo de lectura-escritura RFID. Se estudiará la forma de conectar los periféricos a la placa de la SBC.
- **Software:** Se hará lo necesario para que el lector-escritor RFID funcione como un dispositivo soportado por la librería pcsclite empleada en sistemas operativos Linux para interactuar con lectores de tarjetas. Con esto se logrará compatibilidad hacia atrás, de modo de poder reutilizar las aplicaciones desarrolladas para el dispositivo AFE.

2.4. Especificación funcional

El prototipo final deberá ser capaz de interactuar con tarjetas RFID a través de la antena del dispositivo lector-escritor RFID, y con una tarjeta de contacto. Luego de los controles correspondientes y autenticación de la tarjeta (con datos encriptados), comenzará la interacción con el usuario mediante un display LCD16x2 que será la interfaz de comunicación con el mismo. El display informará al usuario de las tareas que se estén realizando, mensajes cortos y descriptivos. Los tiempos de recarga y consulta deberán ser menores a un minuto.

2.5. Criterios de éxito

- Lograr recargar y consultar tarjetas RFID mediante el dispositivo embebido, el cual estará en comunicación directa con la infraestructura STM.
- Los tiempos de recarga y consulta deberán ser menores a un minuto.

Parte II

Diseño

Capítulo 3

Hardware

3.1. Requerimientos

Los requerimientos que deben cumplirse son los mismos que fueron definidos para el dispositivo AFE. Es necesario poder leer y escribir tarjetas RFID, comunicarse con servidores STM, leer tarjetas de contacto (módulo de seguridad), informar al usuario de lo que ocurre a través de una interfaz simple.

3.2. Arquitecturas estudiadas

Se definieron varias alternativas como posible solución, y se fueron descartando a medida que se encontraron limitantes o que no se cumplieran los requerimientos exigidos.

3.3. Arquitectura seleccionada

3.4. Elección de hardware, módulos

3.4.1. SBC

3.4.2. VLT

3.4.3. Interfaz de Usuario

3.4.4. Lector de tarjetas de contacto

3.4.5. Lector-Escritor RFID

3.5. Funcionamiento general del prototipo

3.6. Funcionamiento de módulos

3.6.1. SBC

3.6.2. VLT

3.6.3. Interfaz de Usuario

3.6.4. Lector de tarjetas de contacto

3.6.5. Lector-Escritor RFID

Capítulo 4

Documentos y esquemáticos del hardware

4.1. Herramientas de diseño

4.2. SBC

4.3. Interfaz de Usuario

4.4. Lector de tarjetas de contacto

4.5. Lector-Escritor RFID

Capítulo 5

Software

5.1. Herramientas de diseño y desarrollo

Parte III

Anexos

Parte IV

Bibliografía