



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



Alternativa Seleccionada a Desarrollar en Proyecto de Titulación

“Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM”

Presentado por:	Manuel Patricio Cohen Scheihing
ROL USM:	2121059-5
Profesor guía:	Agustín González V.
Fecha:	23/06/2013



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



Introducción

Este documento tiene por objetivo presentar la solución definitiva a desarrollar y las ventajas que tiene respecto a las dos alternativas de solución presentadas en el documento Alternativas de Solución de Proyecto de Titulación [1]. Luego de ello, se hará una descripción detallada de la solución a desarrollar durante el trabajo de memoria de título, la cual corresponde al diseño de un módem USB especializado instalado en el equipo lado cliente (presente en los locales de votación), y al diseño software para lograr un enlace que permita la transmisión de datos en forma segura hacia el servidor, donde el hardware para éste último será simplemente un módem convencional.

Criterios de evaluación

Existen 2 alternativas que permiten resolver el problema en forma parcial, lo que quiere decir que son una aproximación a la solución ya que no son en sí la solución completa. La solución completa o definitiva corresponde a un diseño completo sin utilizar una alternativa disponible en el mercado. Estas alternativas fueron presentadas en [1]. Los criterios para evaluar estas dos alternativas son las siguientes:

- Funcionamiento interno: Esta es una restricción impuesta por el cliente que desarrolla el proyecto elecciones, que establece que el módem celular debe ser instalado dentro del gabinete de un IBM PC. Esto es por motivos de seguridad ante robos. Además, debe poder disponerse de una intensidad de señal desde la estación celular tal como si el dispositivo estuviese fuera del gabinete.
- Funcionamiento mediante bus USB: Los equipos PC que son utilizados en los locales de votación pueden ser equipos modernos como antiguos, es decir las formas de conexión disponibles para hardware pueden variar. Los equipos más antiguos exponen en sus tarjetas madres buses PCI, mientras que los modernos exponen solamente PCI Express. Estos dos tipos de buses no son compatibles por lo que utilizar uno de ellos para conectar el módem especializado no es una opción. Por otro lado todos los equipos poseen conectores internos USB lo que hace que este tipo de conexión sea la más apropiada para esta aplicación. Es por ello que esta es una característica importante que el módem especializado debe poseer.
- Controlar completamente el módem desde el PC: Dentro de las alternativas presentadas en [1], es necesario que ellas se puedan controlar completamente desde el PC al cual serán conectadas. En otras palabras, debe permitir ser controlado desde el PC sin intervención alguna en el teclado del equipo celular, en caso de tenerlo.



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



- **Poseer tecnología Multisim:** Esta es la característica más importante para este desarrollo, ya que lo que se pretende es ampliar la cobertura mediante dos o más proveedores de servicio celular. Para ello se requiere que el módem posea más de un socket para simcard.

La ponderación relativa que tiene cada uno de los criterios de evaluación en la decisión final son las siguientes:

Criterio de Evaluación	Porcentaje de Relevancia
Funcionamiento interno	15%
Conexión mediante bus USB	15%
Controlar completamente el módem desde el PC	30%
Poseer tecnología Multisim	40%
Porcentaje Total	100%

Tabla 1. Algunas de las clases USB a la que pueden pertenecer los dispositivos

Tal como se puede apreciar en la tabla 1, se le ha dado una mayor relevancia a que el módem especializado posea tecnología multisim, es decir que permita conectarse a la red por uno o más proveedores de servicio celular, característica fundamental para que el proyecto exista.

Evaluación de las alternativas y solución definitiva a desarrollar

En esta sección se realizarán las evaluaciones de las 2 alternativas así como también la solución definitiva utilizando el siguiente sistema de puntuación:

Sistema de puntuación	
Muy deficiente	0.1 – 0.2
Deficiente	0.3 – 0.4
Aceptable	0.5—0.6
Bueno	0.7—0.8
Optimo	0.9—1.0

Tabla 2. Sistema de puntuación utilizado para evaluar alternativas

Las alternativas a evaluar que resuelven el problema en forma parcial expuestas en [1] son dos:

- **Celular convencional utilizado en modo módem**
- **Módulos celulares PCI y USB**

La puntuación que recibe cada alternativa se muestra a continuación.



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



La solución definitiva sería **el diseño completo del módem USB especializado y el software asociado a los computadores del lado cliente y lado servidor**. Los puntajes para la solución definitiva se encuentran al final de esta sección.

1) Alternativa 1: Celular convencional utilizado en modo módem

a) Funcionamiento interno (Puntuación = 0.5)

Los teléfonos celulares que se encuentran en el mercado están pensados para ser operados mediante su teclado. Tal como se señaló en [1], estos dispositivos son generalmente multi-función (**composite device**) por lo que requieren ser configurados mediante el teclado una vez que son conectados al computador para seleccionar que función se utilizará. Existen varias funciones, donde algunas de ellas son, almacenamiento masivo y comunicaciones. El hecho de que sea necesario interactuar mediante el teclado para poder utilizarlo en modo módem, hace que no sea viable la posibilidad de utilizarlo como un dispositivo interno. Otro problema bastante importante es la atenuación que sufre la señal de RF al ser introducida dentro del gabinete del computador, lo que impide la visibilidad con las celdas celulares.

Debido a todas estas razones se le atribuye un puntaje aceptable.

b) Conexión mediante bus USB (Puntuación = 0.8)

La gran mayoría de los celulares exponen una interfaz USB que permite su conexión con un computador PC. Una desventaja es que se necesitaría un cable especial para adaptar del conector mini-USB al conector tipo header que se encuentra en la tarjeta madre del PC. Se le asigna una puntuación buena.

c) Controlar completamente el módem desde el PC (Puntuación = 0.5)

Cuando el teléfono está en modo módem es posible controlarlo desde un PC sin problemas. Sin embargo, para poder llegar al modo módem tuvo que ser necesario configurar el teléfono mediante su teclado para ser utilizado en dicho modo. Debido a esto se le asigna una calificación de aceptable solamente.

d) Poseer tecnología Multisim] (Puntuación=0.4):

Si bien existen varios modelos de teléfonos celulares que permiten la instalación de dos simcards, el hecho de instalar el celular dentro del gabinete automáticamente reduce la intensidad de campo electromagnético recibido por el teléfono, produciendo así una mala comunicación con las estaciones celulares. Este problema afecta directamente sobre el concepto que trata este tema de memoria el cual es extender la garantía cobertura, es por ello, que la puntuación se define en deficiente.

Puntaje total alternativa 1 = 0.505



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



2) Alternativa 2: Módulos celulares PCI y USB

a) Funcionamiento interno (Puntuación = 0.4)

Tal como se presentó en [1], los módulos celulares existen en el mercado con conexiones PCI, USB interna y USB convencional. Los módulos con conexión PCI pueden ser conectados solamente en computadores antiguos que exponen este tipo de interfaces, en los modernos no es posible al menos que se utilice un adaptador. Respecto a los que poseen USB en forma interna, tales como el Digicom USB Internal [1], pueden ser utilizados en cualquier computador ya que todos poseen capacidad de conexión USB. En el caso de los módulos que son conectados mediante USB convencional, como el Teltonika USB/H7.2 [1] es necesario hacer un cable adaptador para poder ser utilizados en forma interna.

Respecto a la instalación de la simcard, para aquellos módulos que son una PCB (tarjeta impresa) que se instala dentro del gabinete, ésta se puede insertar y extraer desde fuera de éste ya que posee un conector que está expuesto hacia afuera (ver imágenes 3 y 5 de [1]), lo cual viola la condición de seguridad de que la simcard se encuentre instalada dentro del gabinete sin acceso desde el exterior. Para el caso de los módulos que poseen conexión USB convencional la simcard queda instalada en el módulo sin acceso del exterior.

Por otro lado los módulos que son PCBs permiten que se les conecte una antena exterior al gabinete, por lo que los problemas de intensidad de señal recibida producto de que la electrónica está dentro del gabinete del PC no son existentes. Esto sin embargo, no es así para el modulo que se conecta mediante USB convencional ya que no posee un conector para instalar una antena exterior lo que provocará problemas de atenuación para la señal entre el módulo y la estación celular.

Debido a todas estas razones se le atribuye un puntaje deficiente.

b) Conexión mediante bus USB (Puntuación = 0.9)

Dos de los tres módulos presentados en [1] permiten conexión USB, por lo que se le atribuye una puntuación óptima en este caso.

c) Controlar completamente el módem desde el PC (Puntuación = 1.0)

Todos los módulos celulares presentados en [1] permiten ser controlados completamente por el PC al cual se conectan. No es necesaria ninguna intervención física previa para poder utilizarlo como módem.

d) Poseer tecnología Multisim] (Puntuación=0.1):

No fue posible encontrar un módulo que contara con esta característica la cual es crucial para el desarrollo de este tema de memoria, debido a ello, se le asigna un puntaje de muy deficiente.



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



Puntaje total alternativa 2 = 0.535

3) Solución definitiva: Diseño completo del módem USB especializado y el software asociado a los computadores del lado cliente y lado servidor

- a) Funcionamiento interno (Puntuación = 1.0)
El diseño que se llevará a cabo tiene contemplado un diseño interno con simcards internas sin acceso desde fuera del gabinete y con salida para antena. La puntuación es máxima para este caso.
- b) Conexión mediante bus USB (Puntuación = 1.0)
El hardware se diseñará a medida teniendo en cuenta conexión USB interna.
- c) Controlar completamente el módem desde el PC (Puntuación = 1.0)
El hardware y firmware se diseñan para ser completamente controlados desde el PC.
- d) Poseer tecnología Multisim (Puntuación=1.0):
Se diseñará un multiplexor de simcards especializado para contar con 2 o más proveedores de servicio.

Puntaje total solución definitiva = 1.0

Descripción de la solución definitiva

El objetivo que se pretende alcanzar en el trabajo de memoria, es implementar un dispositivo que permita enlazar 2 computadores PC mediante la red celular que posea la cualidad de contener mínimo 2 tarjetas SIM. El propósito de incorporar 2 o más SIM, es minimizar los riesgos de falta de cobertura celular de algunas empresas en ciertas áreas geográficas.

Para una mejor comprensión, definamos para la conexión 2 computadores, el **PC_A** que se encuentra en el local de votación y **PC_B** donde se encuentra el servidor de acopio de datos. En un puerto USB del PC_A se conectará el dispositivo que permite la comunicación mediante la red celular, en otras palabras, transforma un puerto USB en un puerto de comunicación inalámbrica mediante la red celular. Por otro lado, el PC_B estará conectado mediante un módem PCI convencional a la red de telefonía fija (POTS). (Ver diagrama 1)

Para comunicarse ambos computadores, el PC_A disca el número de teléfono fijo en el cual se encuentra el módem del PC_B. En el caso de que no haya cobertura con la SIMCARD 1 (perteneciente a Entel por ejemplo) el sistema conmutará a la SIMCARD 2 (por ejemplo de Movistar). De esa manera podemos tener mayor probabilidad en lo que respecta a la conectividad de ambos computadores.



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



En el caso de que la conexión se caiga por algún motivo, se cambiará de SIMCARD y se restablecerá la comunicación con el PC_B. Una vez restablecida la comunicación se resume la transmisión de data desde el último paquete transmitido con éxito.

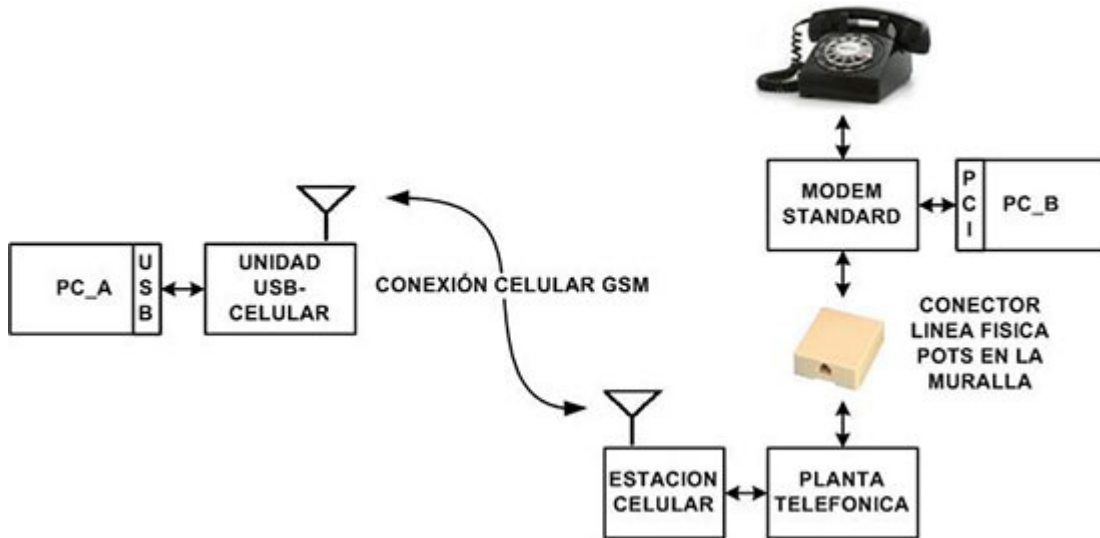


Diagrama 1. Esquema básico de conexión entre PC_A y PC_B

Ya que tenemos claro el esquema básico de conexionado entre ambos computadores podemos ahora hacer una descripción en bloques más detallada del hardware en el extremo A que corresponde al módem USB especializado. El extremo B no requiere explicación adicional a la ya descrita.

Diagrama de bloques para el extremo del PC_A:

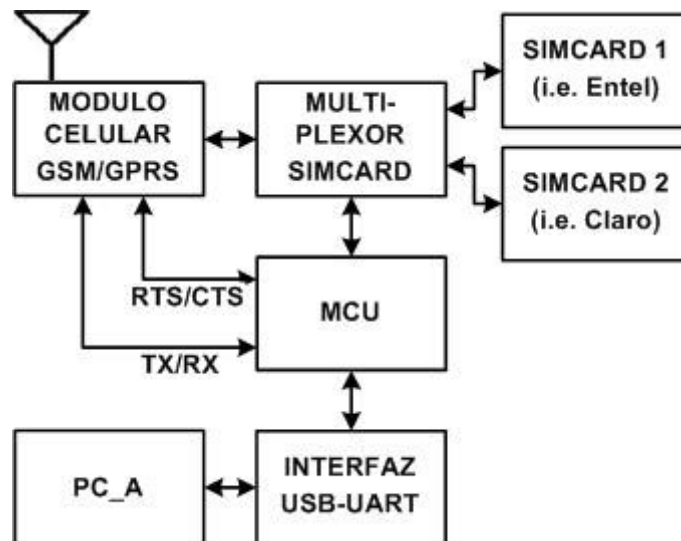


Diagrama 2. Esquema básico del módem USB especializado y su conexión al PC_A



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



Para poder desarrollar esta unidad son necesarios ciertos componentes que se enumerarán a continuación:

Componente	Descripción
1) Modulo celular GSM/GPRS	Esta componente contiene toda la infraestructura hardware/software necesaria para establecer comunicaciones mediante las normas que rigen a los teléfonos celulares. Posee una UART para comunicación con algún otro dispositivo (i.e. microcontrolador [3])
2) Interfaz USB/UART	Esta componente es necesaria para poder conectar el microcontrolador al PC_A. Genera un puerto COM (UART) a partir de un puerto USB convencional. La señalización tiene niveles entre 0 y 3.3V por lo que no es del tipo RS232. FTDI [4] tiene un chip que permite realizar esta función.
3) Multiplexor de SIMCARD	Consiste en un circuito integrado multiplexor que conmuta varios hilos en forma simultánea. Será utilizado para conmutar las señales de una SIMCARD a otra. Se han realizado pruebas satisfactorias con el MUX/DEMUX de 2 canales CD4053B [2].
4) SIMCARD 1 y SIMCARD 2	Tarjetas que proporciona la compañía telefónica que contienen la identidad del subscriptor (IMSI), información de autenticación y cifrado, información temporal relacionada con la red celular, listas de servicios para el usuarios, un número de identificación personal (PIN) y un número único que identifica a la SIMCARD llamado ICCID. Además puede contener datos de contactos que se hayan guardado desde algún equipo celular. [5]
5) MCU o Microcontrolador	Computador embebido que contiene el software necesario para controlar el modulo celular y el multiplexor para la conmutación de simcard. Para discar sobre el modulo, el PC_A envía la data al microcontrolador. Luego el microcontrolador envía los comandos y data adecuada al módulo para realizar la comunicación.

Tabla 3. Componentes fundamentales en el diseño de la unidad del extremo A



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



a) Descripción funcional de la solución planteada:

Mediante un programa realizado en C# que se ejecuta en el PC_A, el usuario puede ingresar el número de teléfono donde se encuentra el PC_B. El programa realizado en MS C# mediante el bus USB, se comunica con el MCU a través de la interfaz USB-UART. El MCU controla el MODULO CELULAR GSM/GPRS y monitorea constantemente la integridad de la conexión. En el caso que exista algún problema de cobertura con la SIMCARD de la compañía 1, el MCU sin intervención del PC_A realizará la conmutación a la SIMCARD de la compañía 2 e intentará reestablecer la conexión con el PC_B. Cuando en otro momento el usuario desee conectarse con el PC_B, se utilizará la última SIMCARD con la cual la conexión fue exitosa.

b) Desarrollos futuros:

Es necesario mencionar que lo ideal sería que el módem USB especializado fuese detectado como un módem por el sistema operativo. Para ello es necesario realizar un driver, tema que queda fuera de este Trabajo de Titulación. Sin embargo en un futuro cercano se pretende desarrollar este driver de tal forma que el ingeniero que requiera utilizar este dispositivo lo vea y utilice como cualquier módem standard. Todas las operaciones de conmutación de SIMCARD seguirán siendo llevadas en forma transparente y no requerirán intervención alguna del programa en el PC_A.

Conclusiones

Se han presentado las evaluaciones de las dos alternativas que permiten dar solución en forma parcial al requerimiento y de la solución definitiva. Las dos alternativas tienen puntajes muy similares, en cambio la solución definitiva es óptima ya que será diseñada a medida. El hecho de no existir teléfonos y módulos en el mercado capaces de entregar los niveles de seguridad y de control, hace necesario recurrir a un diseño completo, el cual será abordado en el trabajo de memoria.

Referencias

[1] "Manuel Patricio Cohen Sch., "Alternativas de Solución de Proyecto de Titulación", Departamento de Electrónica, Universidad Técnica Federico Santa María.

<http://www.electrosoft.cl/mpcohen2012mem/docs/alternativas-solucion/alternativas-solucion.pdf>

[2] "CD4051B, CD4052B, CD4053B"

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4051b.pdf>

[3] MSP430F5436, 16-Bit Ultra-Low-Power Microcontroller

<http://www.ti.com/product/msp430f5436>

[4] FT232R USB UART IC

http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf



Enlace inalámbrico entre un puerto USB local y un módem remoto conectado a la red de telefonía fija, a través de la red celular GSM/GPRS utilizando multiplexación de 2 tarjetas SIM



[5] "Subscriber identity module"

http://en.wikipedia.org/wiki/Subscriber_identity_module