

Redes de Sensores Inalámbricos, Internet de las Cosas, y Radio Definida por Software: Conceptos, Actualidad y Aplicaciones

11º Seminario de Comunicaciones - SECOM 2015

Dr. Ing. Guillermo G. Riva

Laboratorio de Comunicaciones
Universidad Tecnológica Nacional, Regional Córdoba (UTN-FRC)

Laboratorio de Comunicaciones Digitales (LCD)
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas, y Naturales (FCEPyN)
Universidad Nacional de Córdoba (UNC)



5 de Agosto de 2015
Córdoba, Argentina

Contenido

Introducción

Redes Inalámbricas de Sensores (WSNs)

Internet de las Cosas (IoT)

Radio Definida por Software (SDR)

Contenido

Introducción

Redes Inalámbricas de Sensores (WSNs)

Internet de las Cosas (IoT)

Radio Definida por Software (SDR)

Evolución de Electrónica

MOORE'S LAW "Transistor density on integrated circuits doubles about every two years." *

1950s

Silicon
Transistor



1

Transistor

1960s

TTL
Quad Gate



16

Transistors

1970s

8-bit
Microprocessor

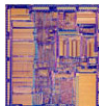


4500

Transistors

1980s

32-bit
Microprocessor

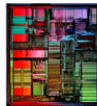


275,000

Transistors

1990s

32-bit
Microprocessor

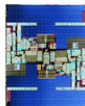


3,100,000

Transistors

2000s

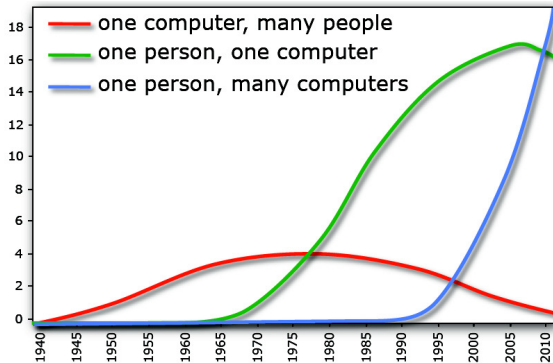
64-bit
Microprocessor



592,000,000

Transistors

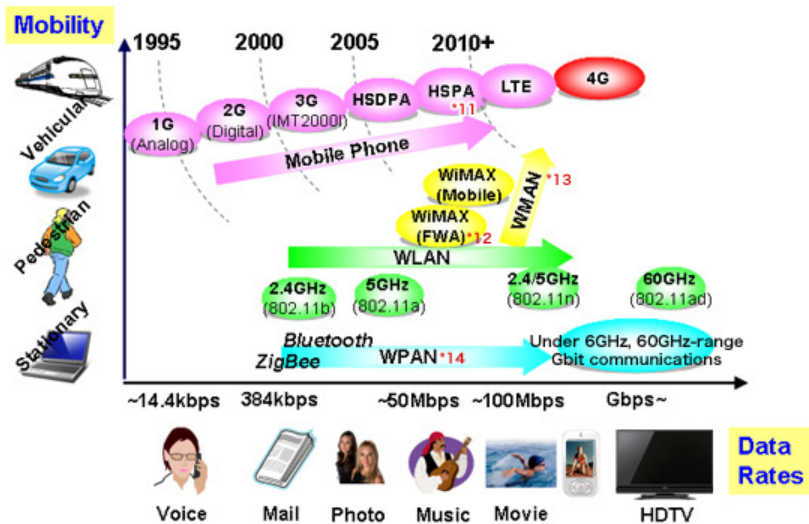
Evolución de la Computación



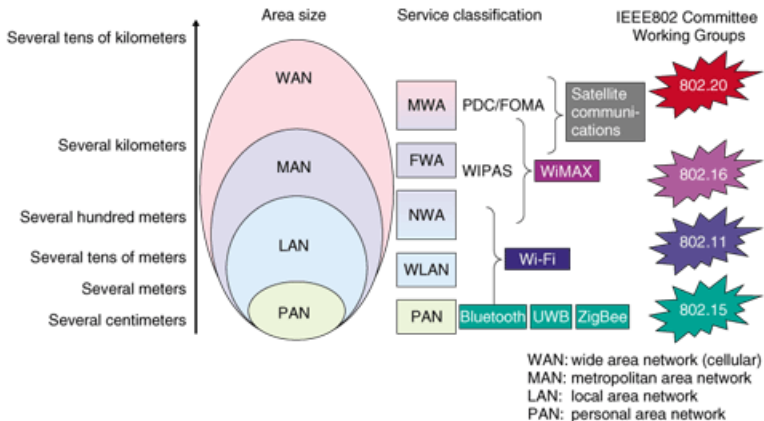
© Mark Weiser, XEROX PARC



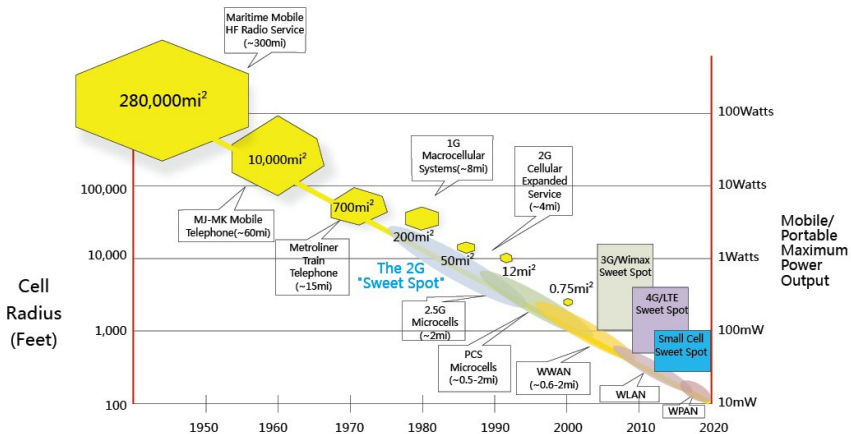
Evolución de las Comunicaciones



Evolución de las Comunicaciones



Evolución de las Comunicaciones



Contenido

Introducción

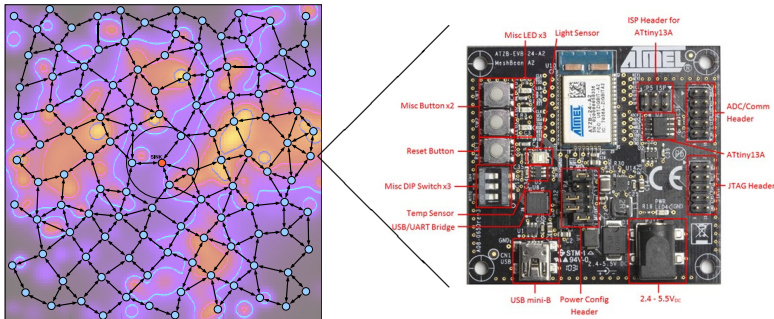
Redes Inalámbricas de Sensores (WSNs)

Internet de las Cosas (IoT)

Radio Definida por Software (SDR)

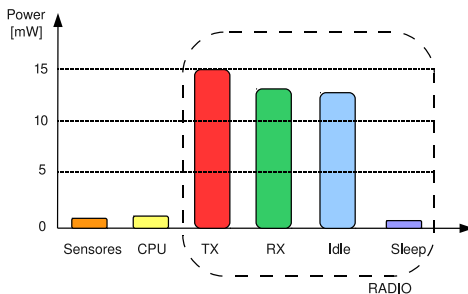
Redes Inalámbricas de Sensores (WSNs) (2000)

- ▶ Desarrolladas para el sensado distribuido de magnitudes físicas.
- ▶ Conformadas por nodos con capacidades limitadas de *energía*, *sensado*, *procesamiento*, y *comunicación inalámbrica* de datos.
- ▶ Nodos sensores obtienen datos y los envían hacia un nodo recolector (sink) a través de múltiples saltos, y por un único o múltiples caminos.



Uso de la Energía en un Nodo Sensor

El principal factor de consumo energético en un nodo es debido al sistema de comunicación inalámbrica. A mayor comunicación, menor vida útil.

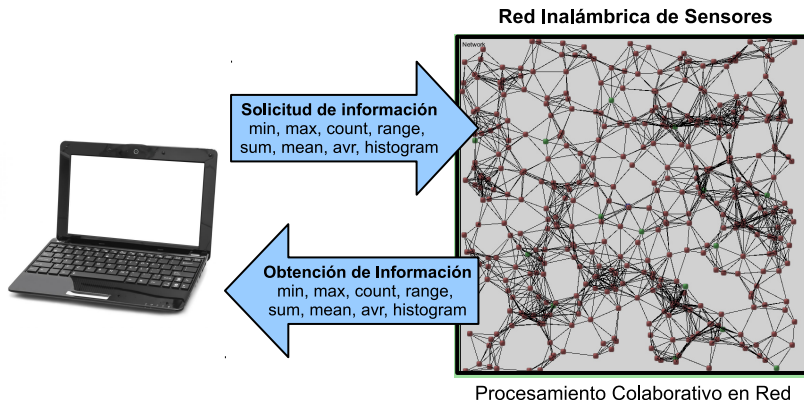


Se estima que *transmitir o recibir 1 bit a 100 metros de distancia* requiere la misma cantidad de energía ($E_{TX} \approx E_{RX} \approx E_{Idle} = 50 \text{ nJ/bit}$) que la necesaria para *computar 3000 instrucciones de código* con un microcontrolador de 8 bits de bajo consumo [Pottie 2000].

Estrategia: realizar procesamiento de datos dentro de la red para disminuir la comunicación de datos entre los nodos.

Cómputo de Datos en WSNs

Por lo general, un usuario no está interesado en obtener los datos de todos los nodos de la red, sino mas bien en calcular una función de los mismos.



Actualidad: se trabaja en dotar de inteligencia a los nodos para tomar decisiones, por ejemplo, si el dato es válido o no, y si debo transmitir o no.

Contenido

Introducción

Redes Inalámbricas de Sensores (WSNs)

Internet de las Cosas (IoT)

Radio Definida por Software (SDR)

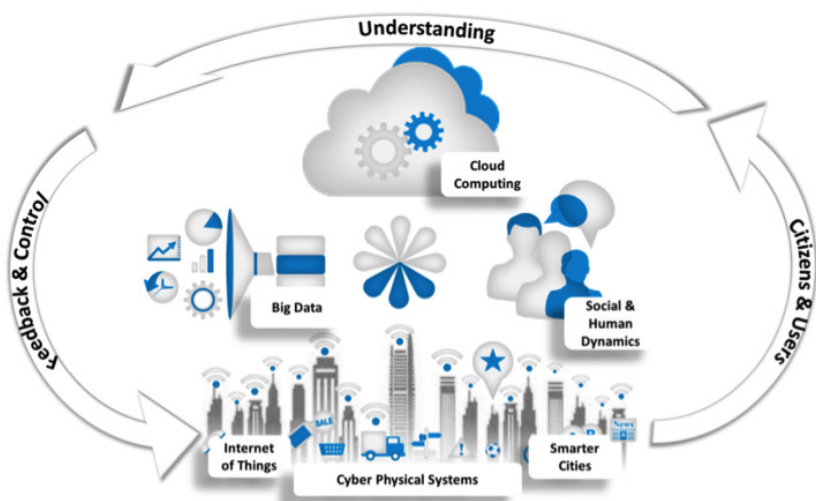
Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT) (2010)

- ▶ Evolución del concepto de Internet de Computadoras.
- ▶ Paradigma emergente que considera la formación de redes de objetos físicos o cosas embebidas con electrónica, software, sensores, y conectividad.
- ▶ Redes conformadas por infinidad de objetos heterogéneos, que deben utilizar los mismos protocolos de comunicación.
- ▶ Posible gracias a la evolución de los protocolos de red (IPv6).
- ▶ Basado en el paradigma de computación ubícua, pervasiva, o inteligencia ambiente [Mark Weiser, 1988].

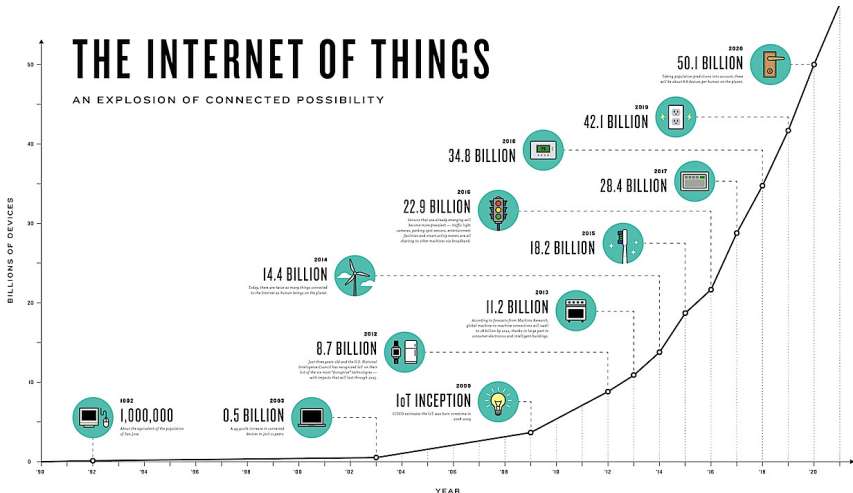
Aplicaciones de IoT



Aplicaciones de IoT



Evolución de IoT



Problemas Actuales en IoT

- ▶ Limitaciones de la actual arquitectura de Internet en términos de movilidad, disponibilidad, etc.
- ▶ Necesidad de mecanismos de seguridad que sean flexibles para actualizarlos de acuerdo al requerimiento.
- ▶ Dificultades con el manejo de la heterogeneidad de la red.

Contenido

Introducción

Redes Inalámbricas de Sensores (WSNs)

Internet de las Cosas (IoT)

Radio Definida por Software (SDR)

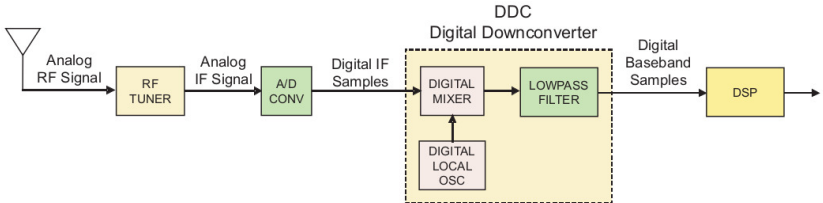
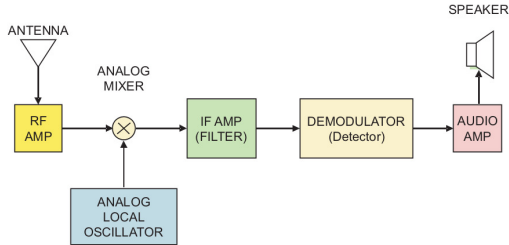
Radio Definida por Software (Software Defined Radio, SDR)

- ▶ Las tecnologías de radio han sido desarrolladas desde sus inicios bajo **paradigmas estáticos** (frecuencias, esquemas de acceso, protocolos).
- ▶ Hoy en día, la **saturación de las bandas de radiofrecuencia** llama a una nueva era de redes de radios caracterizadas por **mecanismos auto-adaptativos**. Estos mecanismos derivaron en las tecnologías de radio definidas por software (SDR).
- ▶ SDR es un sistema de radio comunicación en el cual los componentes, que son típicamente implementados en hardware (como mezcladores, amplificadores, moduladores/demoduladores, etc), **son implementados en software**.
- ▶ La principal ventaja es que el funcionamiento de la radio puede ser reconfigurado o reprogramado.
- ▶ El concepto SDR no es nuevo, pero la reciente evolución en la electrónica digital ha hecho posible su implementación práctica. Existían conceptos teóricos solamente [Mitola, 1992].

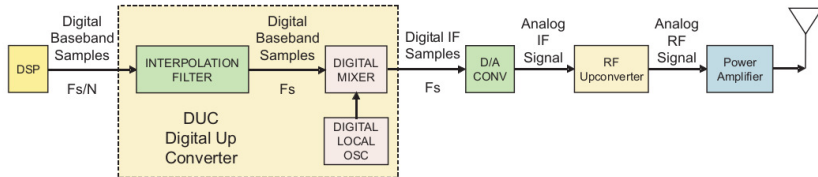
Radio Definida por Software (SDR)

- ▶ Una SDR básica puede estar conformada por una PC con una tarjeta de sonido u otro ADC, precedido de algún adaptador de RF.
- ▶ Una gran parte del procesamiento de las señales se realiza en procesadores de propósito general, en lugar de utilizar hardware de propósito específico. Esta configuración permite cambiar los protocolos y formas de onda simplemente cambiando el software.
- ▶ Los SDR son de gran utilidad tanto en los servicios de telefonía celular o en aplicaciones en las que se manejen varios protocolos en tiempo real, que cambian a necesidad casi constantemente.
- ▶ Se prevé que las SDRs se conviertan en la tecnología dominante en radiocomunicaciones, pues **permiten llegar a la radio cognitiva**.
- ▶ **Radio cognitiva** se refiere a la capacidad de una radio para ser programada o configurada dinámicamente. Por ejemplo: una radio puede cambiar su modo de funcionamiento según el canal.

Receptor Analógico vs Definido por Software

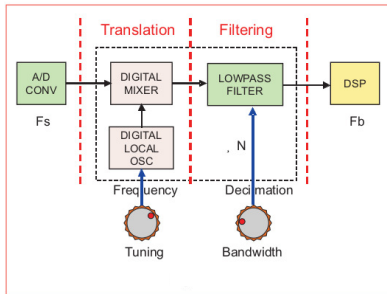


Transmisior SDR

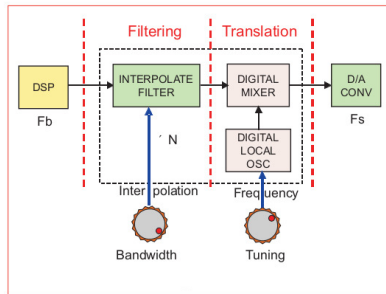


Digital Down Converter - Digital Up Converter

DDC Processing



DUC Processing



SDRs de Propósito General

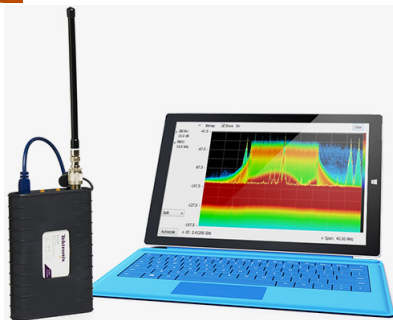
Existen 2 grandes grupos:

- ▶ Receptores (económicos)
- ▶ Receptores y Transmisores (costo medio y alto)



Instrumentos de Medición SDR

Analizadores de Espectro



Parámetros Principales para Selección

- ▶ **Rx o RX/TX**
- ▶ **Rango de Frecuencia**
- ▶ **Ancho de banda máximo (MHz)**
- ▶ **Resolución del ADC:** 8, 10, 12, 14, 16 bits.
- ▶ **Preselectores:** Filtros analógicos en front-end para limitar interferencia.

Tabla Comparativa de Equipos SDR Disponibles

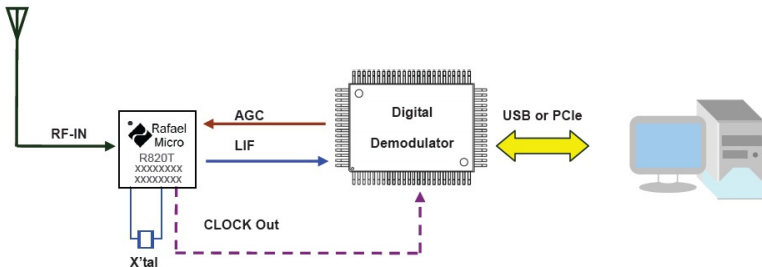
Equipo	Rango	ADC	AB	RX	TX	Preselect	Precio
RTL2832U	24 - 1766 MHz	8 bits	3 MHz	V	X	no	U\$S 10
FunCube Pro+	0.15 - 2000 MHz	16 bits	192 kHz	V	X	si	U\$S 210
AirSpy	24 - 1750 MHz	12 bits	10 MHz	V	X	si	U\$S 199
XiOne	0.1 - 1750 MHz	8 bits	3.2 MHz	V	X	no	U\$S 199
SDR Play	0.1 - 2000 MHz	12 bits	8 MHz	V	X	si	U\$S 299
HackRF One	10 - 6000 MHz	8 bits	20 MHz	V	V	no	U\$S 299
MyriadRF	300 - 3800 MHz	12 bits	28 MHz	V	V	no	U\$S 299
BladeRF	300 - 3800 MHz	12 bits	28 MHz	V	V	no	U\$S 650
USRP B200	70 - 6000 MHz	12 bits	56 MHz	V	R	no	U\$S 675
USRP B210	70 - 6000 MHz	12 bits	56 MHz	Vx2	Vx2	no	U\$S 1100
ASRP1	400 - 4400 MHz	12 bits	8 MHz	Vx2	Vx2	no	U\$S 600
Pervices Noctar	0.1 - 4400 MHz	12 bits	250 MHz	V	V	no	U\$S 2499
Pervices Crimson	0.1 - 6000 MHz	16 bits	800 MHz	Vx4	Vx4	no	U\$S 4999
Signal Hound BB60C	0.009 - 6000 MHz	14 bits	27 MHz	V	X	si	U\$S 2870

Receptor SDR RTL2832U

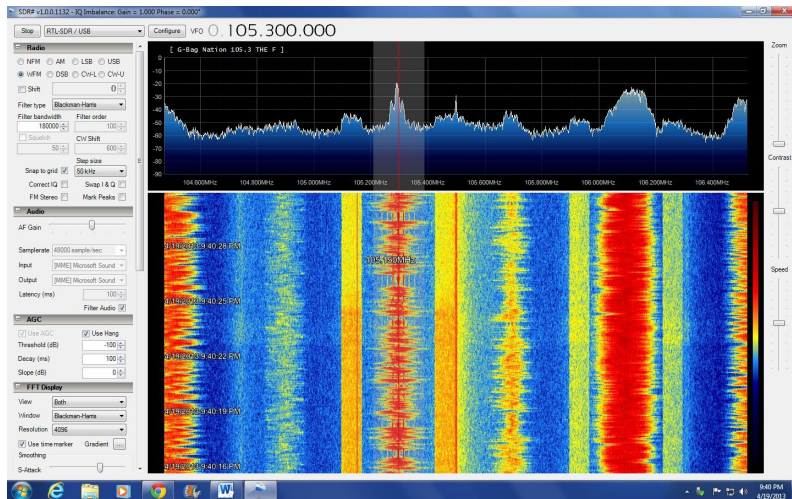


Incluye:

- ▶ Sintonizador de silicio para TV digital terrestre Rafael R820T.
- ▶ Demodulador DVB-T COFDM con comunicación USB RTL2832U de Realtek.

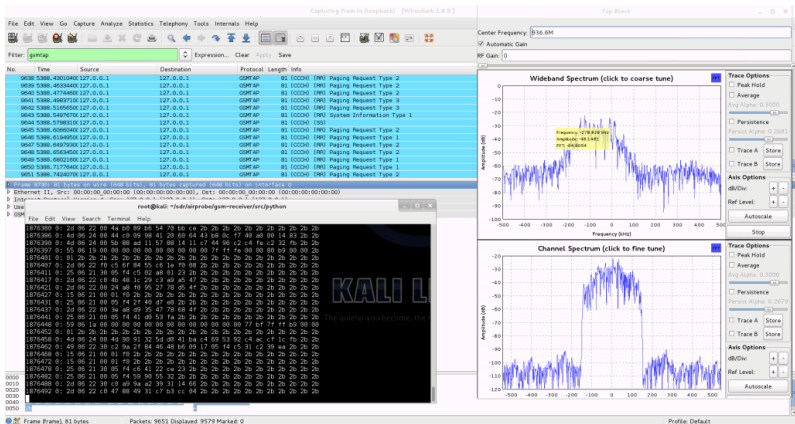


Software SDR#



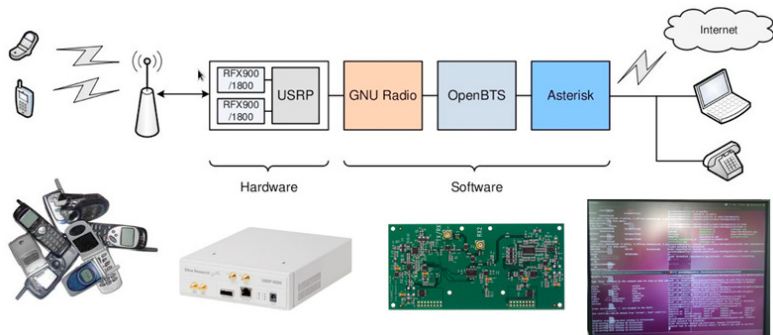
Aplicaciones de SDR

► Recepción y decodificación de comunicaciones GSM.



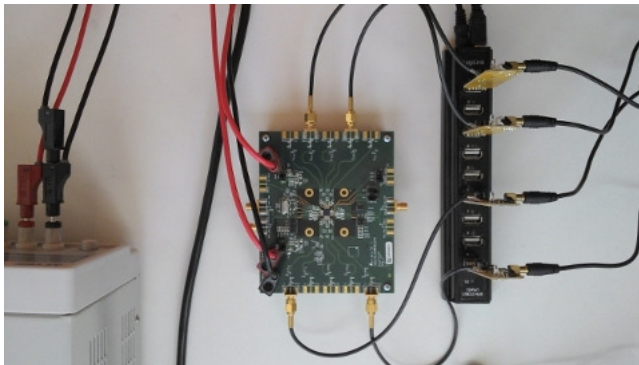
Aplicaciones de SDR

- Extensión de la red GSM de telefonía celular (OpenBTS).



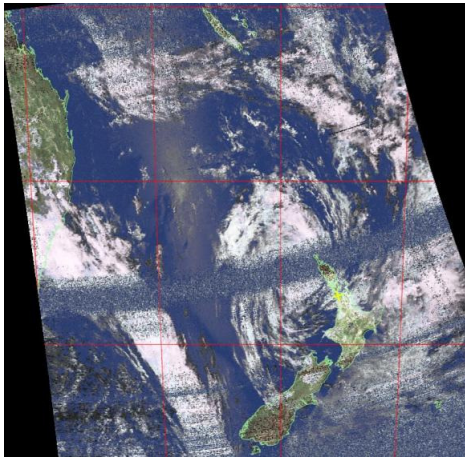
Aplicaciones de SDR

- Recepción multi-canal coherente. Aplicaciones: detección de objetos móviles, determinación de la distancia de una fuente interferente, etc.



Aplicaciones de SDR

- Recepción de imágenes meteorológicas de satélites NOAA. Se puede usar: SDR#, un soft de decodificación (WXtoImg), y una antena QFH.



Aplicaciones de SDR

- Análisis del espectro de RF. Antena Discono de 70 a 3000 MHz.



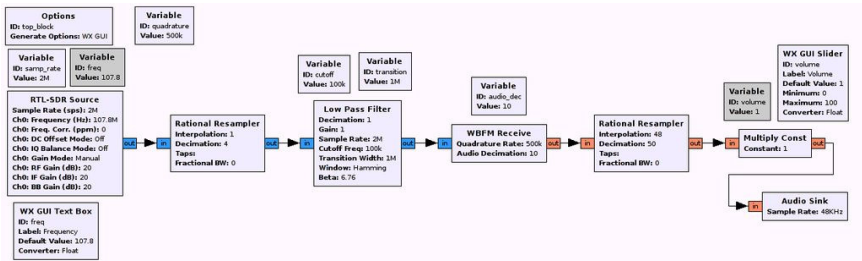
GNU Radio

- ▶ Herramienta de desarrollo libre y abierta que provee bloques de procesamiento de señal para implementar sistemas de SDR.
- ▶ Puede utilizarse con hardware de RF para crear SDRs, o sin hardware en un ambiente de simulación.
- ▶ Es utilizada extensivamente por ambientes académicos, aficionados y comerciales para dar soporte a la investigación en comunicaciones inalámbricas y en sistemas de radio en el mundo real.
- ▶ Las aplicaciones se escriben en Python, mientras que la parte que requiere cierta performance crítica para el procesamiento de señal se implementa en C++ para utilizar las extensiones de punto flotante.
- ▶ El desarrollador puede implementar sistemas de radio en tiempo real de alto rendimiento con un uso simple y ambientes de desarrollo de aplicaciones.
- ▶ Link <http://gnuradio.org/redmine/projects/gnuradio/wiki>

GNU Radio

- ▶ GNU Radio permite el desarrollo de algoritmos de procesamiento de señal usando datos generados o grabados previamente, evitando la necesidad de utilizar hardware real.
- ▶ Como todos los sistemas de radio definidos por software, la reconfigurabilidad es una característica clave.
- ▶ En vez de adquirir comercialmente diferentes tipos de radio, se puede adquirir una simple radio genérica la cual utiliza procesamiento de señal por software.

Radio FM con RTL2832U con GNU Radio



Problemas Actuales en SDR

- ▶ Se requiere un mapeo manual de la aplicación en la arquitectura de la SDR.
- ▶ No existe aun una capa de abstracción de hardware desarrollada (Hardware Abstraction Layer, HAL) en SDR. Se está planteando la posibilidad de desarrollar las primeras versiones de API de programación de SDR.
- ▶ Dificultad en el manejo de procesos concurrentes sobre la misma plataforma SDR.

Preguntas



Consultas:

Dr. Ing. Guillermo Riva
griva@scdt.frc.utn.edu.ar