



Redes de sensores inalámbricos y monitorización de señales biomédicas

Encuentro eSalud y eBienestar ANDALUCIA

*Francisco Gómez
Miguel Damas
Alberto Prieto*

Dpto. de Arquitectura y Tecnología de Computadores
Universidad de Granada



Previsión de necesidades en la atención socio-sanitaria

- Contexto demográfico:
 - Incremento de la población a los 9000 millones hacia el 2050
 - Envejecimiento de la población:
 - En el 2026 el 21,6% de la población será mayor de 65 años
 - En 2050: Aumento de la esperanza de vida hasta los 75, la tercera parte de la población tenga edades comprendidas entre 65 y 79 años; es decir, un 44% más que al principio de este siglo.



Previsión de necesidades en la atención socio-sanitaria

- Atención socio-sanitaria:
 - En la actualidad entre un 20 y un 25% de ancianos viven solos.
 - En el 2026 el 32% de la población tendrá algún tipo de discapacidad.
 - Avances médicos y técnicos que cronifican la enfermedad grave
 - Hay que facilitar la independencia y luchar contra la soledad.
 - En el año 2020 las patologías crónicas representarán el 60%



Previsión de necesidades en la atención socio-sanitaria

- Factores socio-económicos:
 - La inclusión de personas con dependencia es un pilar de la Sociedad del bienestar
 - Se están incluyendo en el sistema nuevos grupos demográficos.
 - La autonomía personal se convierte en demanda social
 - Problemas de sostenibilidad: un estudio realizado en Finlandia ha estimado que el coste de los cuidados a las personas mayores aumentará del 8 al 20% en los próximos 20 años.



Previsión de necesidades en la atención socio-sanitaria

- Exigencias:
 - Organización de la sociedad para atender a las demandas del nuevo contexto
 - Calidad de servicio acorde con los avances tecnológicos
 - Necesidades de nuevos servicios



Previsión de necesidades en la atención socio-sanitaria

- Contexto demográfico:
 - Incremento de la población
 - Envejecimiento de la población
 - Nuevos grupos demográficos
- Factores socio-económicos:
 - Inclusión de dependientes
 - Nuevos grupos demográficos.
 - Autonomía personal
 - Sostenibilidad
- Atención socio-sanitaria:
 - Ancianos viven solos.
 - Aumento discapacidad.
 - Cronificación de enfermedades
 - Independencia y soledad.
 - Patologías crónicas
- Exigencias:
 - Atender al nuevo contexto
 - Calidad del servicio.
 - Nuevos servicios

¿Puede la tecnología ayudar a dar respuesta a estos retos sociales?



Ambiente de ayuda vital (AAL)

- **"Ambient Assisted Living" (AAL).** Programa europeo sobre tecnología e innovación.
 - El objetivo es utilizar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para permitir una más eficiente asistencia social y sanitaria y aumentar las oportunidades para la comunicación y la innovación de la auto-asistencia.
 - The programme is intended to address the needs of the ageing population, to reduce innovation barriers of forthcoming promising markets, but also to lower future social security costs. AAL aims - by the use of intelligent products and the provision of remote services including care services – at extending the time older people can live in their home environment by increasing their autonomy and assisting them in carrying out activities of daily living.



Concepto de Inteligencia Ambiental

- Trata del desarrollo de entornos que interactúen con los usuarios de forma natural, ayudándoles en sus tareas cotidianas.
 - En estos entornos los ordenadores y dispositivos computacionales están ocultos a los usuarios (*computación ubicua*), que obtienen los servicios que ofrece el sistema por medio de interfaces adaptadas al usuario, por ejemplo de comprensión del lenguaje hablado. Esto hace posible que sea extremadamente sencillo y natural interactuar y gestionar habitaciones, sistemas de comunicación, electrodomésticos, etc.
 - Nueva forma en que las personas van a interactuar con los sistemas electrónicos.



- En el contexto de la eSalud y eBienestar, mediante la aplicación del concepto de Inteligencia Ambiental, se pretende hacer posible la continuidad espacio-temporal de la prevención y el cuidado de la salud, del apoyo a la vida independiente, a la autonomía personal y a la integración social de las personas, logros que redundaran en la mejora de la calidad de vida de los usuarios.



Algunas tecnologías que aportan las TIC

- Sensores biométricos
- Redes de sensores inteligentes,
- Sistemas llevables (integrados en la ropa o propio cuerpo).
- Redes inalámbricas ubicuas y comunicaciones móviles de 4^a y 5^a generación (incluyendo redes de área personal y redes corporales),
- Sistemas basados en contexto y computación ubicua,
- Interfaces multimodales (PCs, PDAs, teléfono, etc.) adaptadas para las personas mayores, discapacitados y personas con movilidad reducida,
- Sistemas de geolocalización.
- Sistemas de monitorización, en general
- Domótica y alarmas del hogar, etc.

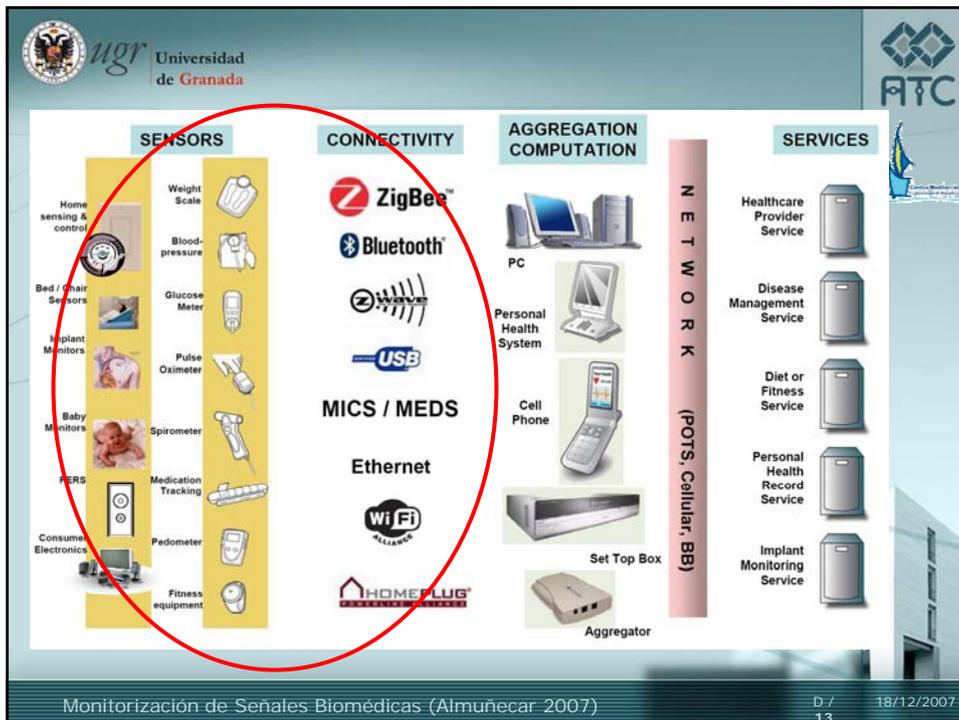


- La introducción de las TIC en el campo de los Ambientes de Ayuda Vital (AAL), además de lograr mejorar notablemente la calidad de vida de los usuarios, tiene unas implicaciones económicas notables.
 - En Finlandia se ha estimado que el coste de los cuidados a las personas mayores podría mantenerse dentro del 10% del PIB , en lugar de aumentar del 8 al 20% en los próximos 20 años.



Plataformas

- Redes inalámbricas de sensores (WSN)
- Monitorización de señales biomédicas



WSN, Wireless Sensor Network

- Una Red de Sensores Inalámbricos es un conjunto de elementos autónomos (nodos) interconectados de manera inalámbrica
 - poca capacidad de procesamiento
 - muy bajo consumo energético
 - bajo coste.
 - autoconfigurable
 - sensores que miden variables como luz, temperatura y humedad

El término “polvo inteligente” (smart dust) fue introducido por Kristofer Pister ([Universidad de California](#)).

Redes de Sensores Inalámbricos 14 18/12/2007



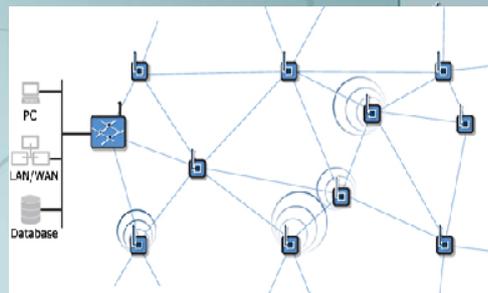
- Redes de área amplia (WAN)
- Redes de área metropolitana (MAM)
- Redes de área local (LAN)
- Redes de área personal (PAN) (típicamente 10 metros)
- Redes de area corporal, *Body Area Network* (BAN)



Elementos en una WSN



- **SENSORES:**
- **NODOS (Motas)**
- **PASARELA (Gateway)**
- **ESTACIÓN BASE:**

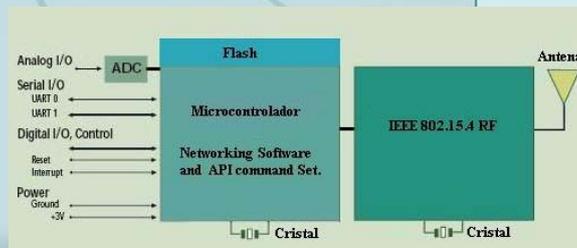


Sensores: señales a detectar

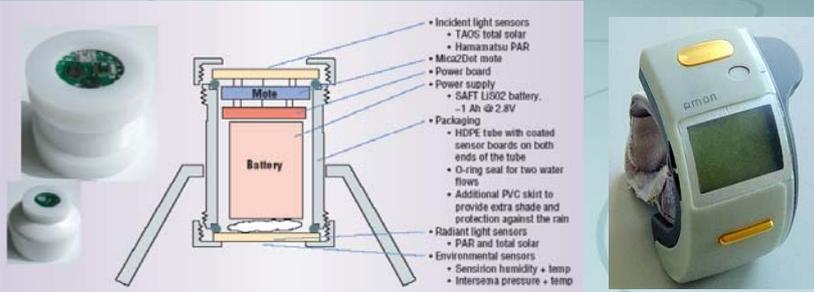
- Biomédicas:
 - Temperatura,
 - Pulsiometría,
 - Peso,
 - Electrocardiografía,
 - Diabetes,
 - Espirometría,
 - Presión Sanguínea,
 - Glucosa,
 - Movimiento, etc.
- Otras:
 - Presencia,
 - Humedad,
 - Polución, etc.

Nodos: motas

- Los nodos son pequeñas unidades del tamaño de una caja de cerillas (motas) que tienen solamente...
 - unos pocos KB de memoria
 - un procesador de unos cuantos MHz
 - Una radio de pocos metros de alcance
 - Una o dos pilas (tipo AA, AAA o tipo botón)



Ejemplos de encapsulado de motas



Características de las motas

- Optimización del consumo de energía:
 - La comunicación. Y que no estén lejos.
 - Motas dormidas
 - Programación eficiente
- Ancho de banda y cobertura de la red limitados
- Recursos de computación limitados:
 - Memoria
 - CPU
- Soluciones ad-hoc para redes ad-hoc
- Topología muy dinámica de la red:
 - Elementos móviles
 - Nodos con alta probabilidad de fallo
 - Nodos que entran en el sistema (y salen)
 - Cuantos más nodos mejor rendimiento!!!



¿Que es ZigBee? **ZigBee**

- Tecnología dirigida a las necesidades de mercado de redes inalámbricas de bajo coste basadas en la norma IEEE 802.15.4. Capas de red y aplicación sobre 802.15.4

• ZigBee Alliance

- Consorcio industrial para definir especificaciones globales de aplicaciones inalámbricas basadas en la norma IEEE 802.15.4.



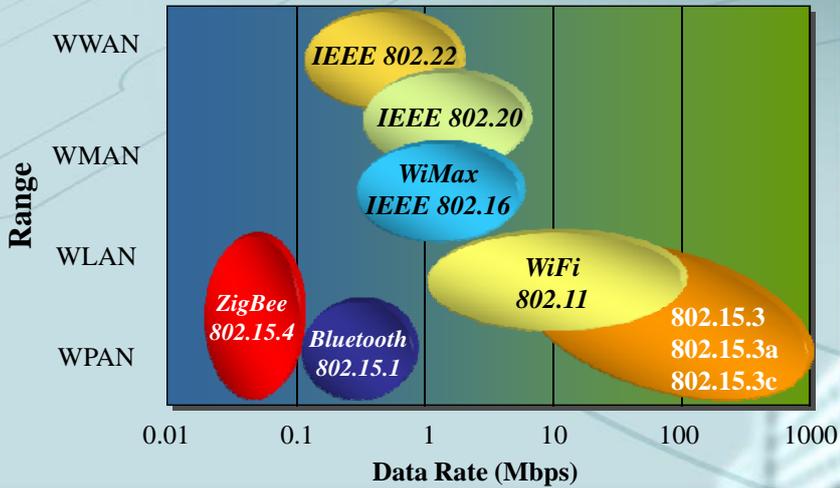
Características de ZigBee



- Conectividad inalámbrica entre dispositivos económicos de ultra baja complejidad, ultra bajo coste, fiabilidad, ultra baja potencia, y baja velocidad
 - Menor potencia y menor coste que otras WPANs (como Bluetooth)
 - Potencia Tx 1mW (hasta 10mW en CE, hasta 100 mW en EEUU)
 - Los nodos están gran parte del tiempo "dormidos". Larga duración: 2 años
 - Rango alcance: 10-100 m, hasta 400 m con 10 mW)
 - Bit-rate entre los 20kB/s y 250kB/s
 - Se permiten hasta un total de 65534 nodos/red
 - 3 bandas comunicación: 868MHz, 915MHz, 2.4GHz

BAND	COVERAGE	DATA RATE	# OF CHANNELS
2.4 GHz	ISM Worldwide	250 kbps	16
868 MHz	Europe	20 kbps	1
915 MHz	ISM Americas	40 kbps	10

Alcance Vs. capacidad



Algunas motas: micas, telos, tmotes y demás fauna

WeC, René, René 2, Dot, Mica, Mica2, MicaZ, Telos, TelosB, Tmote, Xbee, Xbee pro, ...



XBee de MaxStream



XBee
1mW-100m



XBee-PRO
100mW-1.6km



XBee™ ZigBee/802.15.4
Development Kit



TMOTE-SKY: La mota de Moteiv

- Módulo inalámbrico de ultra bajo consumo para uso en redes de sensores

de Moteiv, una spin-off de la Universidad de California en Berkeley

<http://www.moteiv.com>





- 
 Universidad de Granada
- ## Aplicaciones médicas de las WSN
- 


- Monitorización continua de pacientes en tiempo real
 - Localización de personal sanitario
 - Supervisión de pacientes crónicos y ancianos en su casa
 - Bases de datos con recopilación de datos clínicos a largo plazo
- 
- Redes de Sensores Inalámbricos
- 28 18/12/2007



Aplicaciones médicas de las WSN

- Monitorización continua de pacientes en tiempo real
 - Permite localización y movilidad: libertad para el paciente, traslados de habitación, ambulancias.
 - Posible monitorización pre-hospital, in-hospital, y ambulatoria
 - Medida de constantes vitales: pulsaciones, presión, etc.
 - Sustitución de sistemas de telemetría vía cable caros e incómodos

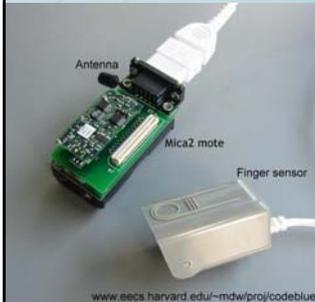


Aplicaciones médicas de las WSN

- Localización de personal sanitario
- Supervisión de pacientes crónicos y ancianos en su casa
 - Recoge datos periódicos o continuos y los envía al médico
 - Permite al cuidado a largo plazo y realizar análisis de tendencias
 - Reduce el tiempo de permanencia en el hospital
- Bases de datos con recopilación de datos clínicos a largo plazo
 - Correlación de lecturas de sensores biométricos con otra información de los pacientes
 - Estudio de los efectos de intervenciones y análisis de datos ("*data mining*") de poblaciones.

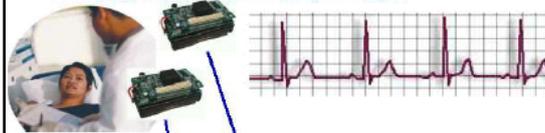


VitalDust: Monitorización de constantes vitales



- Medida de latidos del corazón y saturación de oxígeno en sangre basado en Mica2
- Electrocardiograma de dos electrodos basado en Telos
- Aplicaciones basadas en PDA y PC para triaje de múltiples pacientes
- Integrado con iRevive, un sistema de registro de atención al paciente basado en PDA para técnicos de emergencia médica.

Vital sign sensors and active tags



Location beacons



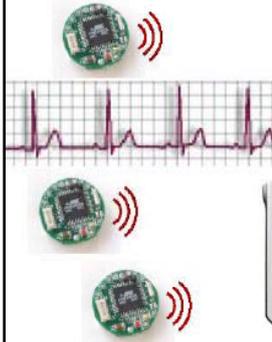
Other hospital information systems

Wireless PDAs and fixed terminals



Ambulance MDTs

Motes attached to patients
collect vital signs (pulse ox, heart rate, etc.)



Ambulance system makes
triage decisions, relays to EMTs



PDA's carried by EMTs
receive vital signs and enter
into field report

Correlate with patient records
at hospital

Entornos inteligentes: domótica e inmótica

- Control de iluminación, climatización
- Detección de presencia para optimizar energía
- Control de acceso, detección de intrusos
- Monitorización de personas mayores, alarmas



Localización

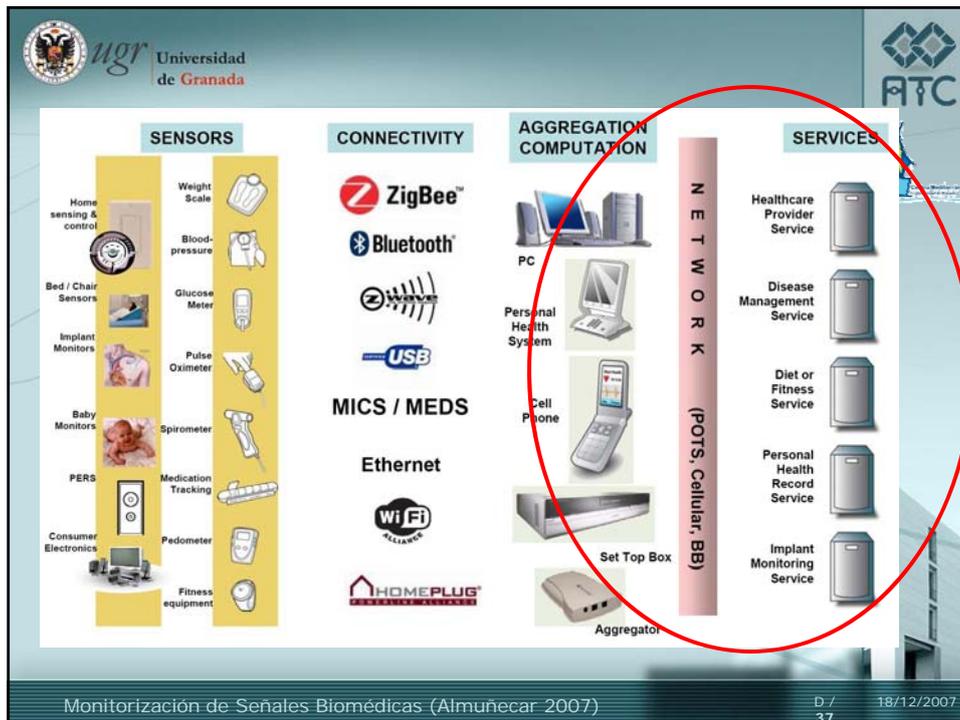
- MIT's **Cricket** es un ejemplo de localización (<http://nms.lcs.mit.edu/projects/cricket>).
- Usando nodos inalámbricos fijos y móviles, Cricket utiliza ultrasonidos para determinar la localización de usuarios que se desplazan en "interiores".
- Esto conduce a numerosas aplicaciones que incluyen mapas interactivos, localización de personal y control de accesos a determinados recursos.



Algunos proyectos

- **CodeBlue Wireless Sensor Networks for Emergency Medical Care.** (Harvard y Boston University)
- **Proactive Health Project @ Intel**
 - Developing sensor network based pervasive computing systems
- **Ayushman A Pervasive Healthcare System @ Arizona State University**
 - Developing sensor network to provide a real-time automated health monitoring and a realistic environment for testing communication protocols and systems for medical applications
- **AMON Project @ ETH, Zurich**
 - Developing multi-functional wearable health monitor, e.g.: BP, pulse, SpO2, ECG, Temperature
- **Aware Project @ the Center Pervasive Healthcare, University of Aarhus, Denmark.**
 - Applying context aware computing to hospital scenarios and developing context aware hospital bed, pill box which is aware of its patients.
- **AmiVital Proyecto del programa CENIT, iniciativa Ingenio 2010 @ 17 empresas y organismos públicos incluida la Universidad de Granada**
 - Entorno personal digital para la salud y el bienestar





Monitorización

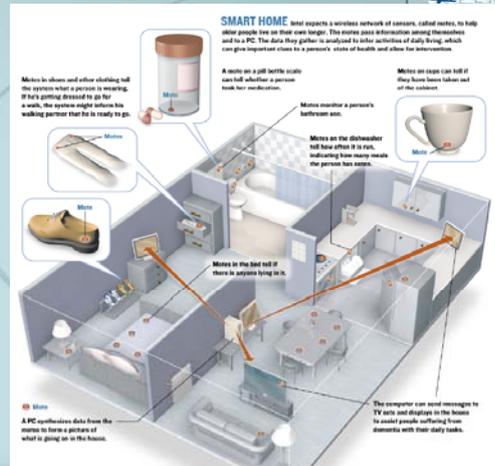
- **Señales:**
 - Biomédicas: Temperatura, Pulxiometría, Peso, Electrocardiografía, Diabetes, Espirometría, Presión Sanguínea, Glucosa, Movimiento, etc.
 - Otras: Presencia, Humedad, Polución, etc.
- **Monitorización:**
 - Disponibilidad y presentación de gran cantidad de datos
 - Mejora del diagnóstico (*prediagnóstico*) y de la calidad de vida
 - Análisis del desarrollo de la enfermedad
 - Prevención de enfermedades
 - Biofeedback

Monitorización de Señales Biomédicas (Almuñecar 2007) D / 18/12/2007
38



Monitorización Indoor

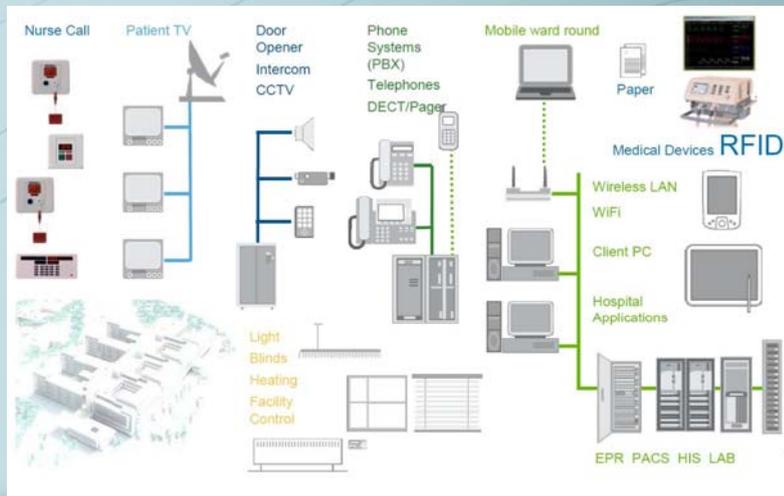
- Domiciliaria
 - Pacientes:
 - Ancianos
 - Enfermedades crónicas
 - Post-operatorios
 - Discapacitados, ...
 - Señales:
 - ECG, peso, pulso, diabetes, colesterol, nivel actividad, localización, ...
 - Permite:
 - Descongestión hospitales
 - Coordinación
 - Almacenar datos clínicos del paciente
 - Localización
 - Control medicación, ...



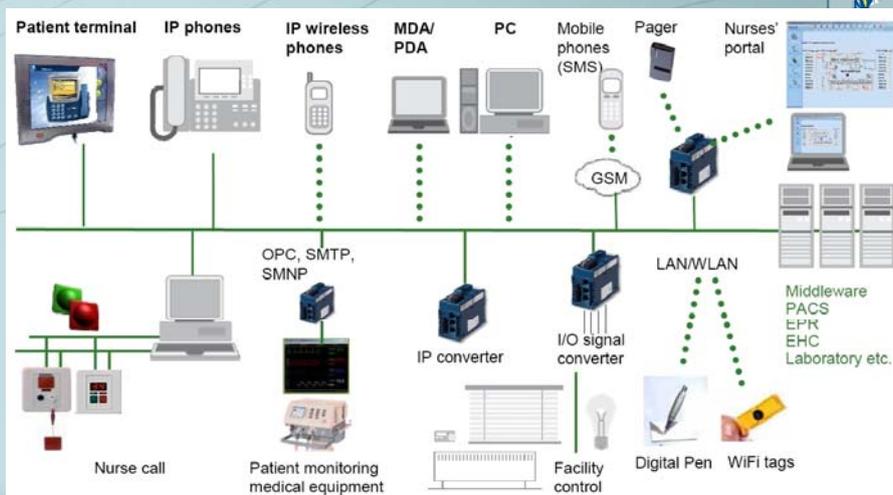
Monitorización Indoor

- Hospitalaria
 - Se lleva utilizando mucho tiempo
 - Productividad ???
 - Búsquedas, manejo y transporte de información basada en papel
 - Problemas de almacenamiento
 - Perdidas de tiempo en desplazamientos
 - Tareas muy asentadas o establecidas, ...
 - Sistemas propietarios en HIS (Cerner, Eclipsys, Meditech, Smed, Intranexus, C2ctsis, Diraya, ...) y en comunicaciones (MICS, WMTS, ...)
 - Diversos estándares (DICOM, HL7, ...)
 - Iniciativas (IHE) y productos (Rhapsody, Ensemble, OPENLink, eLink, ...) dedicados a la integración

Infraestructuras de los hospitales hoy



Convergencia IP → Hospital digital





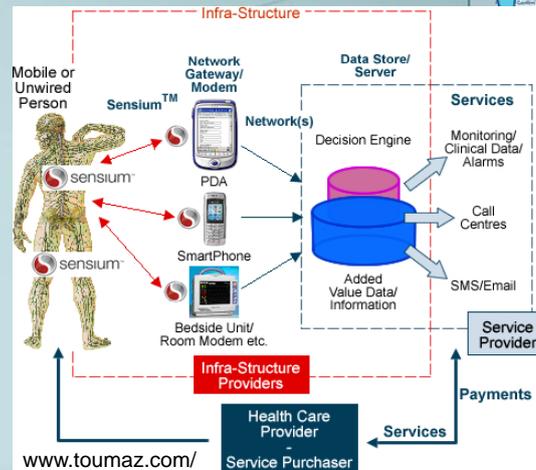
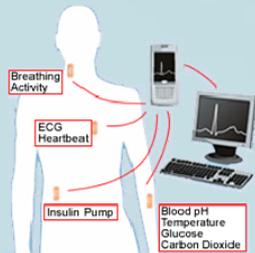
Soluciones de Visibilidad Geoespacial

- Supervisión de equipos y pacientes de forma gráfica y automática
- Tecnologías de detección de ubicación: RFID y ultrasonidos
- Ejemplo: www.awarix.com



Monitorización Outdoor

- Elementos del sistema:
 - PAN o BAN
 - Gateway
 - Central de datos



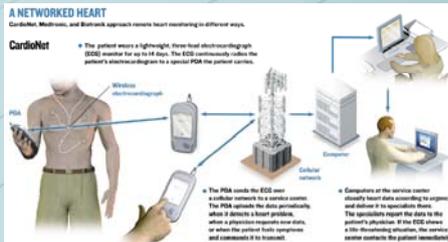
Monitorización Outdoor

- Sensores para detectar parámetros vitales y del entorno



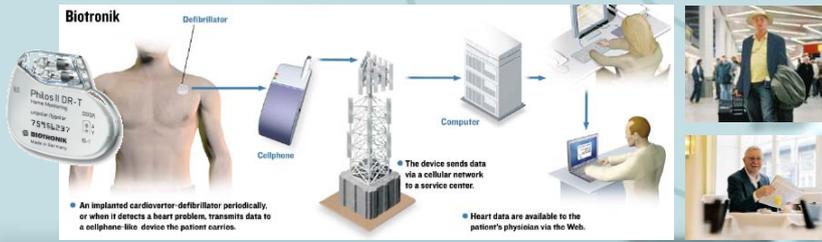
Sensors	Observation
Sensing of vital parameters	
ECG	Heart rate, heart rate variability (HRV)
EMG	Muscle activities and fatigue
Galvanic Skin Response	Skin perspiration
Temperature	Skin temperature, health state (fever)
Respiration	Breathing rate, physical activity
Blood oxygen	Status of the cardiovascular system, heart rate
Blood pressure	Status of the cardiovascular system, hypertension
Sensing of the user's context	
Accelerometer	Motion patterns of the body and limbs
Microphone	Speaker recognition, localization by ambient sounds, activity detection, speech features
Visible light sensor	Localization of light sources
Rotation (gyroscope)	Body movements
Compass	Orientation of the body and the head
Air Pressure	Vertical motion in elevator or staircase
IR light sensor	Sunshine, localization of lamps
UV light sensor	Localization of fluorescent light tubes
Environment temperature	Outdoor, indoor
Humidity	Location, weather conditions
WLAN / GSM / CDMA	Location, user environment
Bluetooth, ZigBee	Services and devices nearby

Pacientes con problemas cardiovasculares



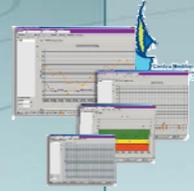
www.cardionet.com

www.biotronik.com



Herramientas software

- Actualmente sistemas propietarios de grandes empresas o instituciones
- Diversos estándares (CCOW) e iniciativa de integración
- Necesidades para la monitorización:
 - Adquisición de señales
 - Análisis de la información
 - Visualización
 - Desarrollo rápido, estable y ampliable sobre todo tipo de plataformas
 - Integración y estandarización
 - Buena relación coste/prestaciones
- Solución en la industria en general: **SCADA**
=> "Supervisory Control and Data Acquisition "



¿ SCADA en la atención socio-sanitaria ?

- **En Hospitales:**
 - El Hospital St. Olavs (Noruega) junto con HP y CISCO utiliza el sistema IMATIS de CARDIAC desarrollado con **LabVIEW**.



Formulario Digital	Digital Forms	Patient Portal	Portal pacientes
	Nurse Call	Patient Monitoring	
Platform			

- El Hospital Fletcher Allen Health Care (En Estados Unidos) utiliza como HMI el SCADA de **Wonderware**





¿ SCADA ?

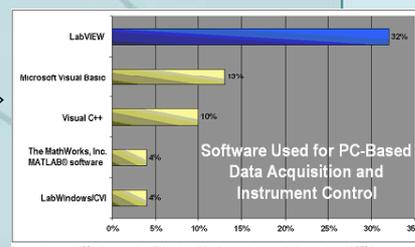
- Aceptación en el sector industrial
- Excelente herramienta de integración
- Arquitectura abierta con capacidad de ampliación y adaptación continua
- Facilidad de diseño e implementación
 - Arquitectura basada en objetos
 - Gestión automática y distribuida de alarmas y eventos
 - Almacenamiento en tiempo real
 - Biblioteca de elementos gráficos
 - Control de acceso integrado, ...
- Reducción en costes de desarrollo y mantenimiento
- Control de estabilidad integrado
- Control de versiones y cambios
- Generación de documentación
- ...

Ejemplo: definición de variable



LabVIEW

- + que un SCADA y de National Instruments
- Adquisición, análisis y presentación de datos
- Desarrollo rápido con configuración interactiva y programación gráfica
- Herramienta de ingeniería para todo tipo de dispositivos (de escritorio a manuales, y de tiempo real a embebidos)
- Disponible para SOs Windows, Linux y Mac.
- Con amplia difusión en multitud de aplicaciones
- Última versión (8.2.1) soporta:
 - Servicios WEB
 - Visualización 3D Interfaz Usuario
 - ...



Source: Survey of 400 US readers from T&M World, EDN, Design News, and R&D magazines, Q1 2004



LabVIEW

- **Adquisición**
 - Más de 5000 controladores de instrumentos plug-and-play
 - Soporte para PXI, PCI, PCMCIA, USB, LAN, Ethernet, serial, GPIB, CAN, OPC
 - Asistentes interactivos para adquisición de datos, control de instrumentos, adquisición de imágenes, control de movimiento
- **Análisis**
 - Más de 500 funciones integradas de análisis y matemáticas
 - Funciones para análisis de frecuencia, filtrado digital, estadística, cálculo, ecuaciones diferenciales y álgebra lineal
 - Funciones para FFT, ajuste de curvas, simulación de señales, etc.
 - Conectividad con MATLAB y Simulink, Mathematica, Maple, ...
- **Presentación**
 - Cientos de objetos personalizables para la interfaz de usuario
 - Extensas funciones para hacer gráficas y tablas
 - Modelado de objetos en 3D
 - Visión y control de aplicaciones vía WEB
 - Transformación de gráficas en imágenes para publicación
 - Informes en HTML y XML
 - Conectividad a Excel y Word, ...



LabVIEW

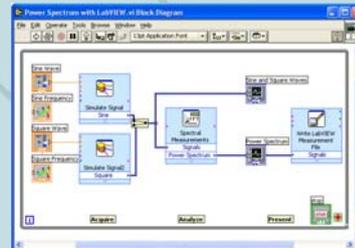
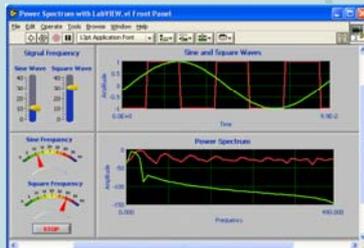
- Los programas de LabVIEW se llaman instrumentos virtuales (VIs):

Panel frontal

- Controles = entradas
- Indicadores = salidas

Diagrama de bloque

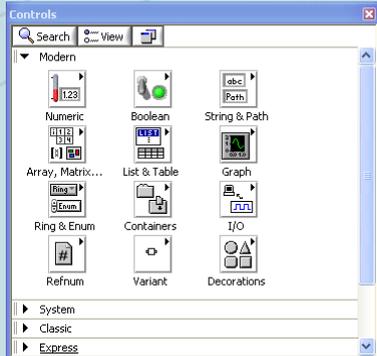
- Componentes "cableados" entre si



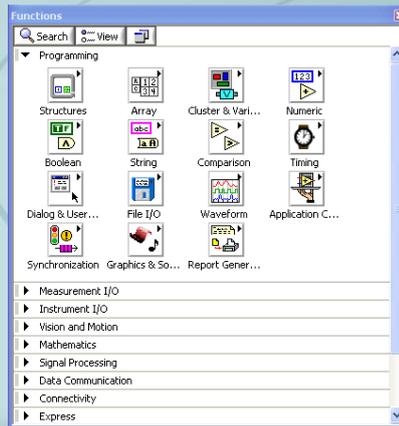


LabVIEW

Paleta de controles
(Ventana del panel frontal)



Paleta de funciones
(Ventana de diagrama de bloques)



Gracias por su atención

