



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Proyecto 121910 2/R: Localización de agentes móviles en ambientes dinámicos indoor/outdoor utilizando redes de sensores inalámbricos

C. Duran-Faundez¹, D. Risso² y C. Aguilera¹

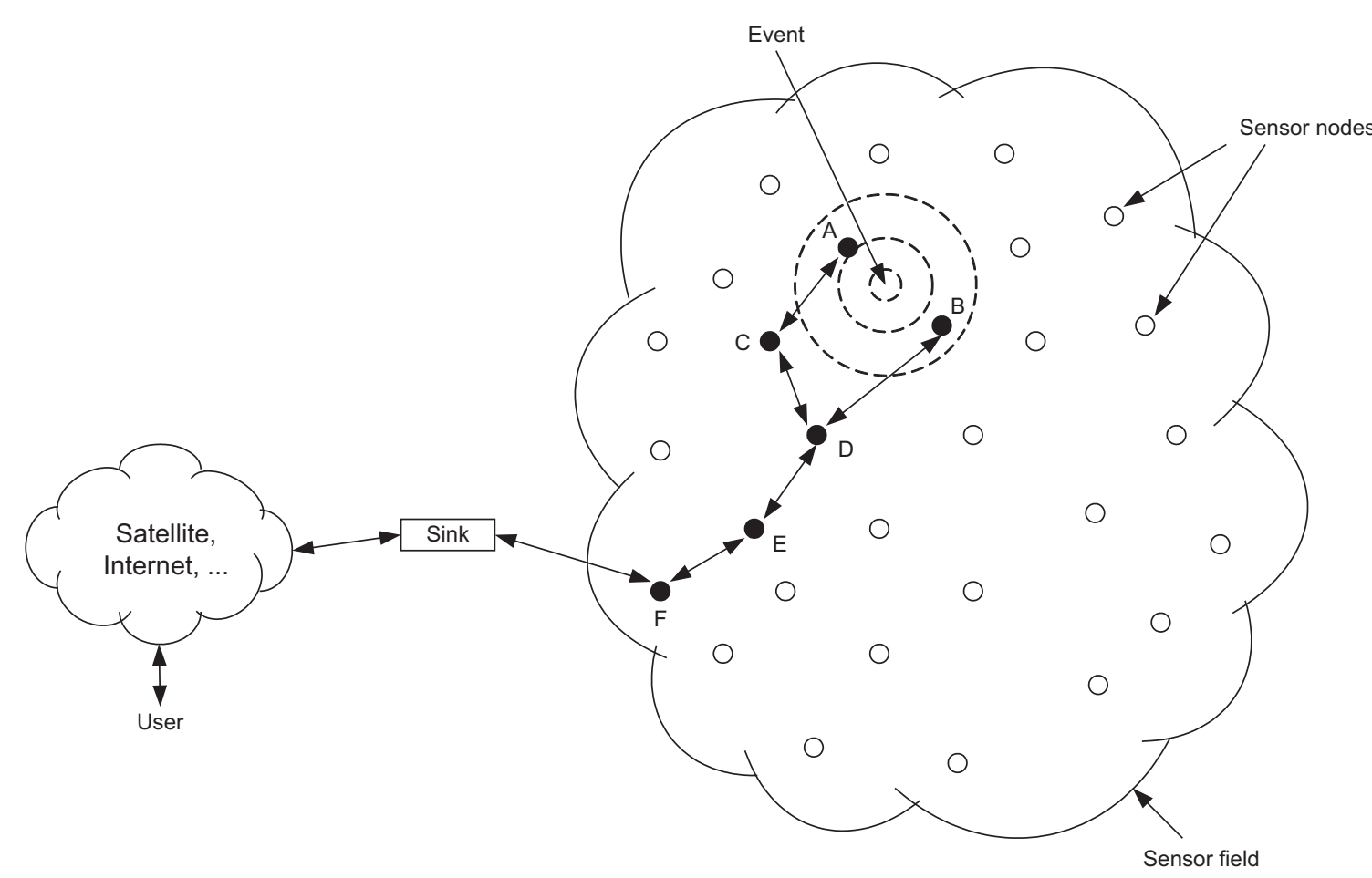
(1) Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío.
(2) Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Bío-Bío.

Entre las muchas capacidades deseables para las Redes de Sensores Inalámbricos (WSNs) se encuentra la localización de nodos, los que pueden estar asociados a unidades móviles o estáticas en un lugar determinado. El posicionamiento de unidades es aún un tema en desarrollo que presenta muchos desafíos, y concierne a muchos campos de aplicación como la administración de tráfico de vehículos, la robótica, el estudio de especies animales en peligro, y la administración de la manufactura, por nombrar algunos. Muchas técnicas de localización han sido aplicadas en el campo de las WSNs. Los sistemas de localización y seguimiento más conocidos (como el GPS, Ubisense y otros), requieren de hardware adicional muchas veces costoso (no sólo en términos económicos), lo que se contrapone al espíritu de economías impuesto a las WSNs. En el caso de las WSNs, las técnicas de localización se focalizan principalmente en fenómenos elementales inherentes a las comunicaciones con radio-frecuencias. Un caso particular es el RSSI (Received Signal Strength Indicator). El RSSI es la fuerza medida de una señal de radio recibida. La aplicación de métricas como ésta presenta muchos problemas, necesitando muchas veces de sincronización entre los nodos o calibración y parametrización a través de una etapa experimental larga y rigurosa, y con resultados muchas veces demasiado imprecisos, dada la enorme complejidad de estimar el comportamiento de la propagación de ondas de radio-frecuencias en áreas locales. Este proyecto de investigación se focaliza en dos ejes principales: El primero es el estudio teórico y práctico exhaustivo del RSSI que permita conocer su comportamiento en diversos ambientes. El segundo es el estudio teórico y práctico de técnicas existentes, que utilicen las métricas como el RSSI, y la proposición de adaptaciones o nuevos algoritmos, y métodos de inferencia (on-line) de localización de objetos que se mobilizan en ambientes interiores (indoor) o exteriores (outdoor).

Contexto

Redes de sensores inalámbricos

Las **redes de sensores inalámbricos** (WSNs) [1] son grandes sistemas de detección compuestos por un gran número de dispositivos electrónicos autónomos, muy reducidos en tamaño y muy limitados en recursos que, dotados de medios de comunicación inalámbrica, son capaces de medir ciertos fenómenos físicos (ej. temperatura, humedad, etc.) en el ambiente en el que se encuentran desplegados y enviar datos a uno o varios puntos de colecta (sink).



Esquema general de una red de sensores inalámbricos.

Principales problemas

■ A nivel de los nodos:

- Energía limitada (baterías)
- Capacidades de procesamiento/almacenamiento muy reducidas
- Bajas tasas de transmisión de datos
- ...

■ A nivel de la red:

- Gran escala (gran cantidad de nodos)
- Alta densidad
- Topología dinámica (activación/desactivación de nodos, etc.)
- Altas tasas de pérdidas de paquetes
- ...

Localización en WSNs

Problema general de localización

Obtener algún conocimiento relativo a la posición de una persona, vehículo, u otra entidad en un ambiente dinámico indoor u outdoor.

Propiedades de la localización y procedimientos de posicionamiento [2]

- Posicionamiento físico vs. localización simbólica
- Coordenadas absolutas vs. relativas
- Cálculo localizado vs. centralizado
- Precisión
- Escala
- Limitaciones
- Costo (tiempo, espacio, energía, capital, ...)

Métodos de localización

- Tiempo de llegada, angulación. **Punto a favor:** precisión. **Punto en contra:** necesidad de hardware especializado costoso (contrario a la filosofía de las redes de sensores inalámbricos).
- Received Signal Strength Indicator (RSSI). **Punto a favor:** inherente a la comunicación inalámbrica. **Punto en contra:** Precisión (alta dependencia del ambiente).

Estimación de distancia por RSSI

Modelamiento de atenuación

- Modelo típico de la pérdida por propagación: **Modelo Log-Normal Shadowing:**

$$PL(d)[dB] = PL(d_0)[dB] + 10 \cdot \gamma \cdot \log_1 0 \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_\sigma [dB]$$

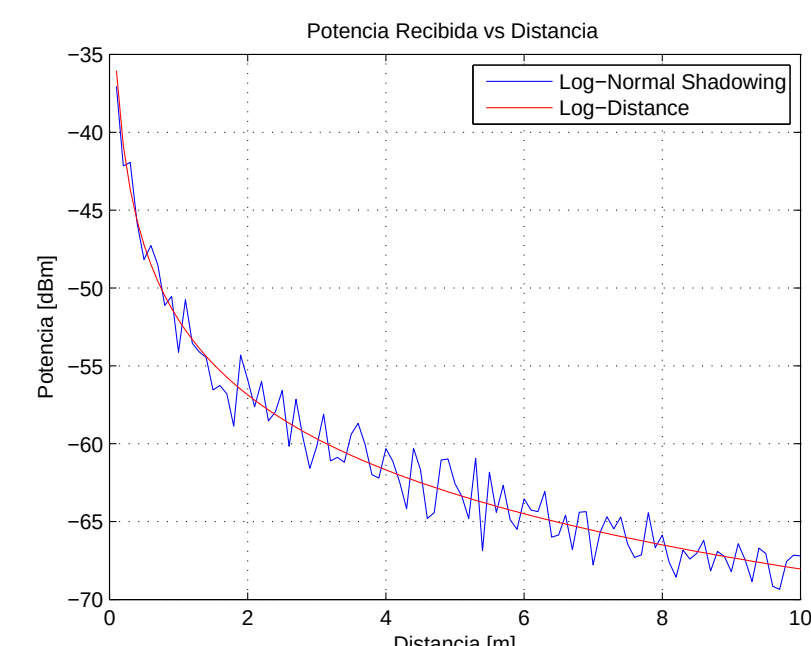
donde:

- $PL(d_0)$: Potencia de referencia a una distancia d_0 conocida
- γ : Exponente de pérdida por trayectoria
- X_σ : Variable aleatoria gaussiana de media cero y varianza σ^2 (modelación de interferencias y obstáculos como ruido gaussiano)

Finalmente, la **potencia recibida por un nodo** PL_{recv} , a una distancia d del transmisor, es calculada como:

$$PL_{recv}(d)[dBm] = Pt[dBm] - PL(d)[dB]$$

donde Pt es la potencia de transmisión en $[dBm]$.



- Otros modelos para predicción del comportamiento de señales de RF:

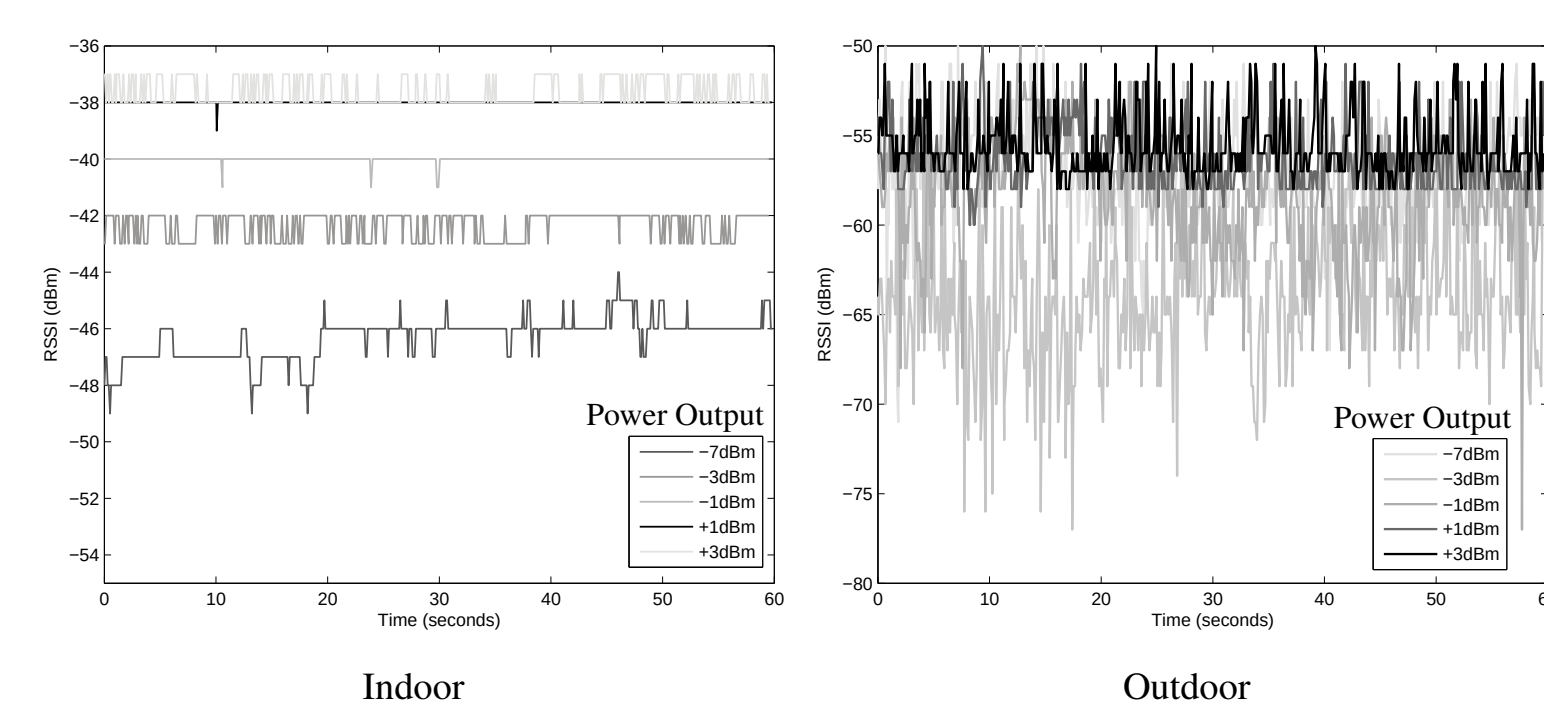
- Two-Ray ground model [3]
- Modelo Hata [4]
- Modelo COST 213 Hata [5]

Experimentación

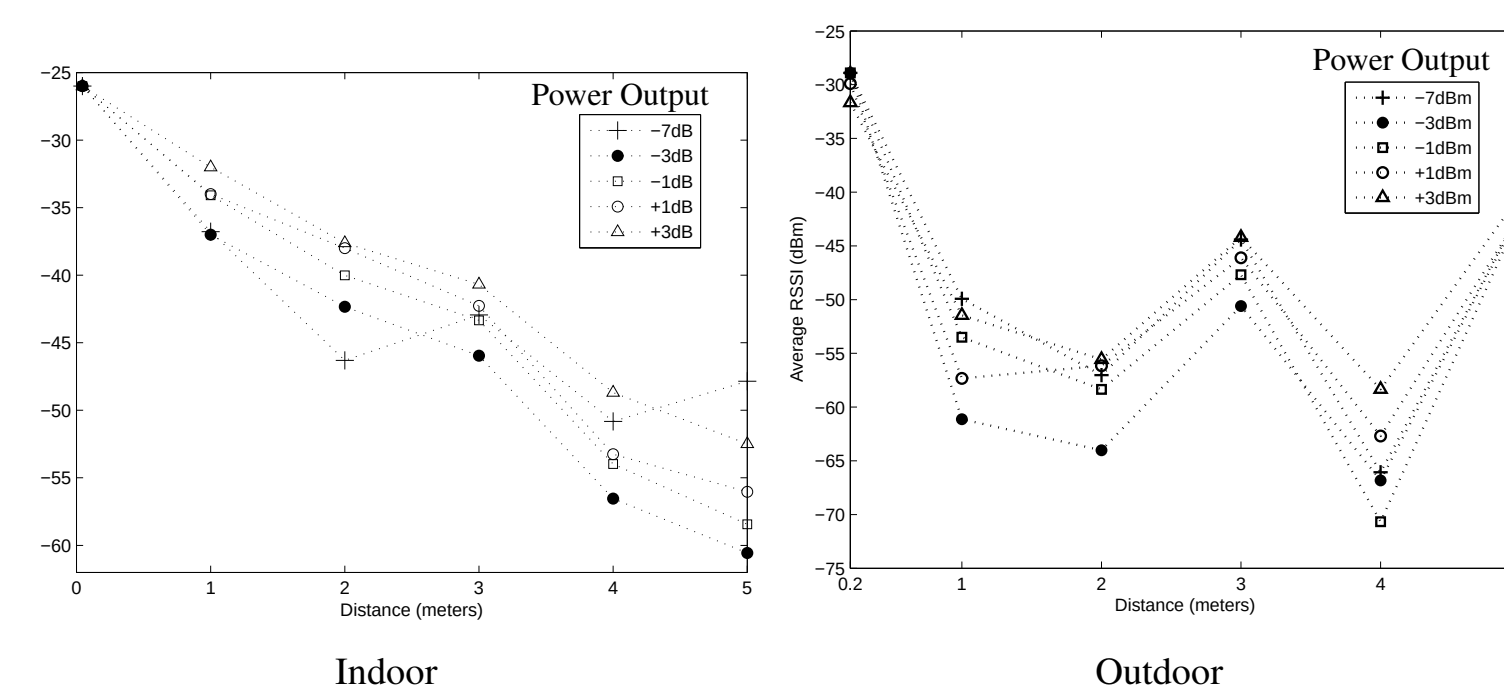
Plataforma experimental



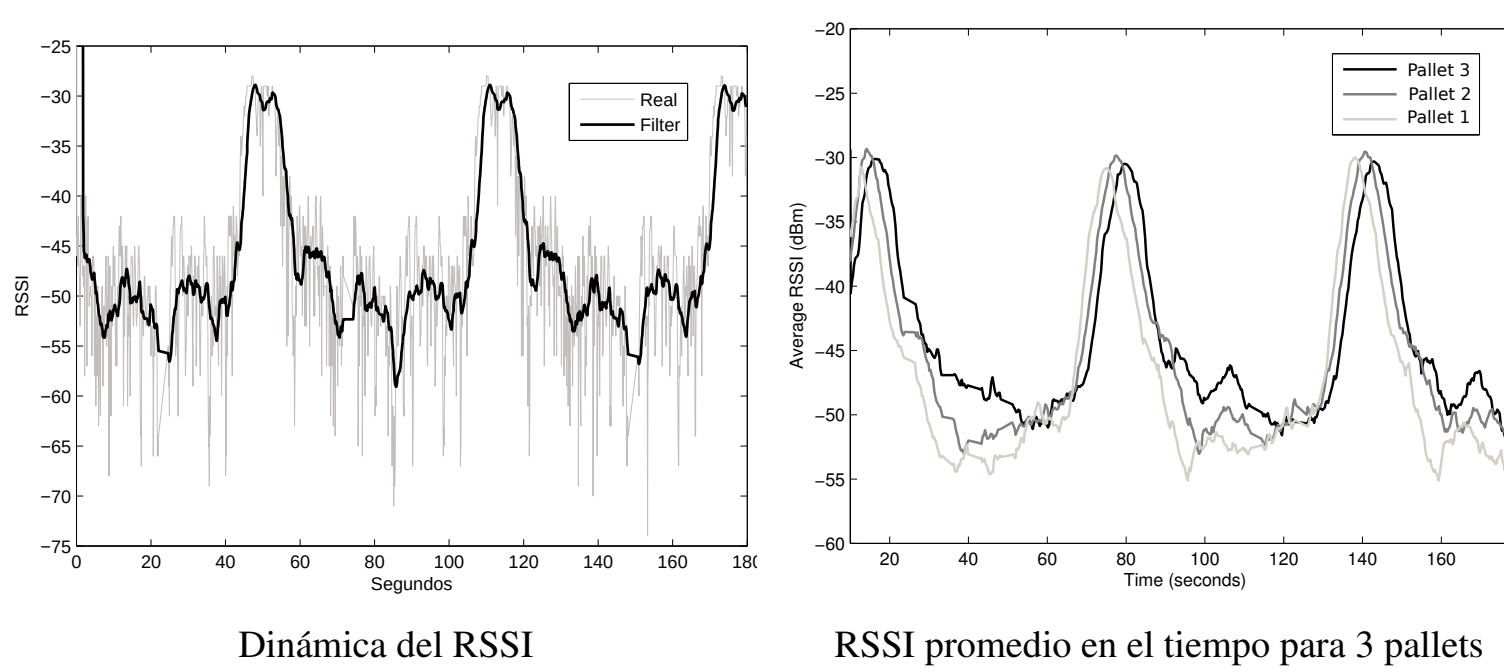
Mediciones [6]



RSSI capturado a diferentes potencias de salida y 2 metros entre nodos.



RSSI promedio capturado vs. distancia.



Mediciones de RSSI realizadas con nodos corriendo sobre pallets en correa transportadora en bucle cerrado (Lab. CIMUBB).

■ Observaciones empíricas:

- Relación RSSI/distancia no estable, pero mejora en caso outdoor
- Potencias altas de transmisión parecen disminuir las variaciones en las medidas de RSSI
- Existen distancias (cortas) en las que el RSSI es un indicador utilizable para estimar distancia
- Se puede diferenciar distancia entre varios nodos comunicando

- La experiencia en [7] confirmó la usabilidad de RSSI como parámetro para la estimación de distancia (con ciertas limitaciones).

Proyecto 121910 2/R

Objetivos

Objetivo general:

Estudiar métodos basados en fenómenos elementales sencillos, como el RSSI, que permitan la adaptación de nuevos algoritmos auto-adaptivos de inferencia de localización de objetos en ambientes indoor y outdoor altamente dinámicos.

Objetivos específicos:

1. Estudio teórico y práctico de indicadores como el RSSI como fuente de información del que se pueda derivar aproximaciones de distancia en redes de sensores inalámbricos. Todo esto debiese proveer un análisis del indicador con un enfoque en los efectos de objetos estáticos y móviles con diferentes características y su comportamiento en sistemas altamente dinámicos.
2. Estudio y adaptación de nuevos métodos de localización y control auto-adaptivos, capaces de tomar información on-line (ej. del RSSI) y mínima información adicional (ej., desde sensores) y derivar aproximaciones de distancia.
3. Implementar y comparar métodos y técnicas resultantes en simulación y plataforma real.

Hipótesis

1. El estudio de la física teórica en electromagnetismo y otras puede entregar información importante que apoye la creación de métodos de localización en el campo de las redes de sensores inalámbricos.
2. Es posible utilizar métodos de inteligencia artificial para derivar relaciones entre RSSI y distancias aproximadas entre dos nodos inalámbricos en ambientes dinámicos
3. Los algoritmos auto-adaptativos pueden ser más aplicables para aplicaciones de la vida real
4. Existen distancias mínimas en las que se rompe la mayor parte de la incertidumbre en la interpretación de la señal (ver sección acerca de la proposición, descripción y análisis de literatura).

Trabajos en curso

1. Estudio del estado del arte.
2. Construcción de plataforma de experimentación (Hw & Sw) y ejecución de experimentos.
3. Construcción de simulador de propagación de ondas EM.

Financiamiento: Dirección de Investigación, Universidad del Bío-Bío. Proyecto Regular Interno.

Referencias

- [1] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, Wireless Sensor Networks: A Survey Computer Networks, 2002, 38, 393-422
- [2] H. Karl and A. Willig, Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks John Wiley & Sons, Ltd. (2005)
- [3] K. Benkic, M. Malajner, and P. Planinsic, Using RSSI value for distance estimation in wireless sensor networks based on ZigBee, In: IWSSIP 2008, pag. 303–306. Bratislava: SPaRC Lab., UM-FERI Maribor, Maribor (2008)
- [4] M. Orooji and B. Abolhassani, New method for estimation of mobile location based on signal attenuation and Hata model signal prediction. In: Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, (pag. 6025–6028). Shanghai, China (2005)
- [5] B. Castro, I. Gomes, F. Ribeiro and G. Cavalcante, COST231-Hata and SUI models performance using a LMS Tuning Algorithm on 5.8 GHz in Amaran region cities. In: EuCAP'2010. (2010)
- [6] C. Duran-Faundez, C. Aguilera-Carrasco and A. S. Norambuena. Experimenting with RSSI for the perception of moving units in intelligent flexible manufacturing systems. In: IEEE-ICIT 2010. Viña del Mar - Valparaíso, Chile, March (2010)
- [7] J. Silva-Faundez, Sistema de control basado en la percepción de unidades móviles y reacciones anticipadas mediante el uso de tecnologías inalámbricas. Tesis de Ingeniero Civil en Automatización, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile (2011), C. Duran-Faundez; C. Aguilera (Dir.)

