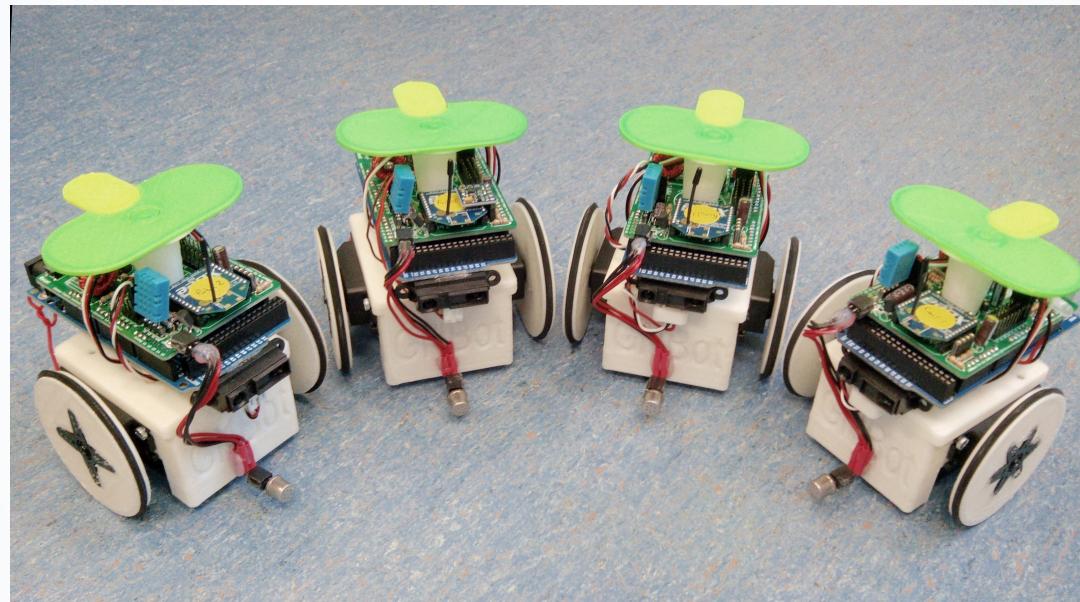


Trabajo de Fin de Grado

Estrategias Cooperativas de Detección y Localización de Olores con Robots y Narices Artificiales



Autor: Carlos García Saura

Tutor: Pablo Varona Martínez

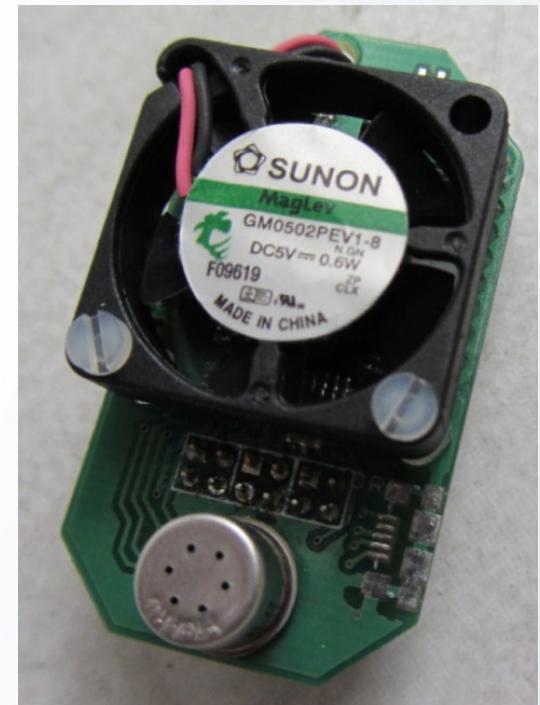
Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Estructura de la presentación

- **Introducción a la búsqueda de olores con robots**
- **Objetivos del proyecto**
- **Desarrollo de la plataforma GNBot**
 - ➔ *Parte electrónica y diseño imprimible en 3D*
 - ➔ *Sistema de localización de los robots*
 - ➔ *Estrategia de comunicación mediante ZigBee*
- **Resultados obtenidos**
 - ➔ *Medidas de autonomía, sensibilidad a odorantes, etc.*
 - ➔ *Validación de la plataforma [vídeo]*
- **Conclusiones**
- **Publicaciones**

Introducción a la búsqueda de olores con robots

- Los sensores utilizados están basados en dióxido de estaño
- El olor es una fuente compleja de simular, altamente impredecible
- El uso de estrategias cooperativas bio-inspiradas puede permitir incrementar la eficiencia de las búsquedas
- Como éstas son difíciles de simular con precisión, es necesario evaluar su efectividad con robots cooperativos en un entorno real



Módulo Olus2

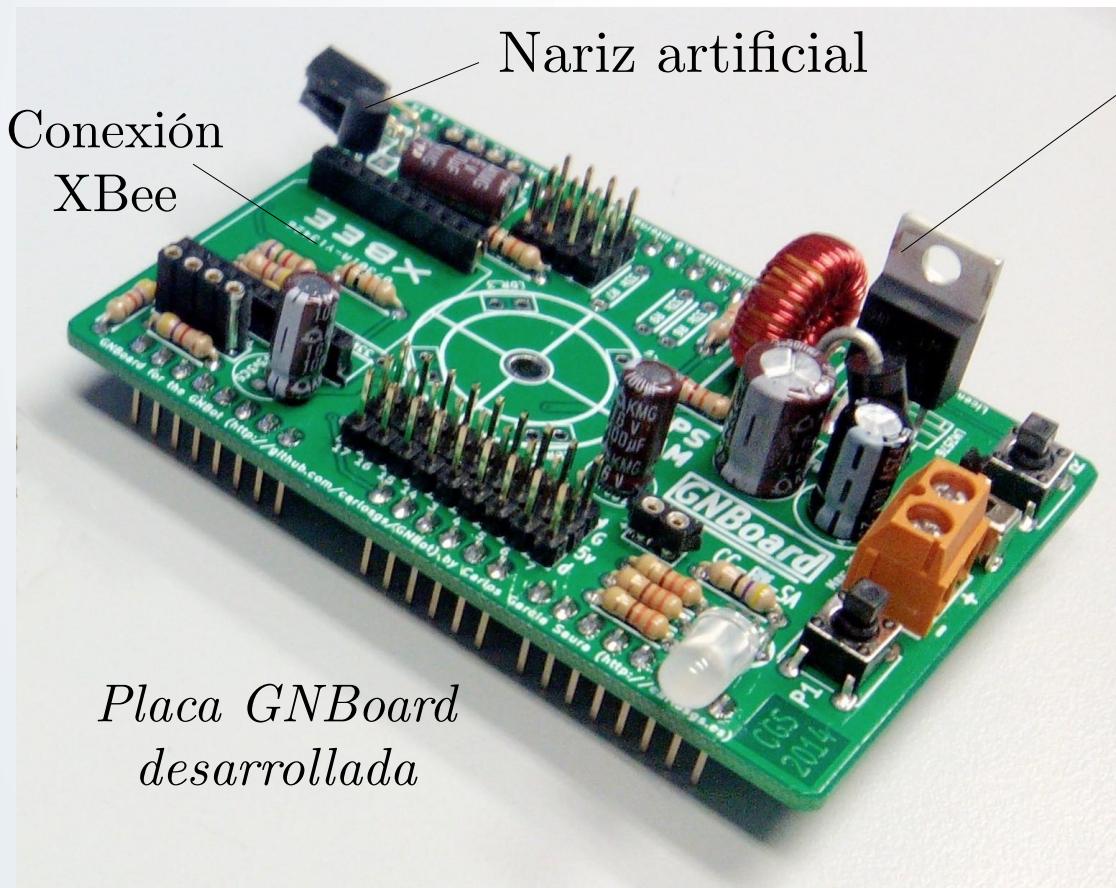
Objetivos del proyecto

- Creación de unos robots capaces de implementar y validar estrategias cooperativas de búsqueda de olores, que sean eficientes energéticamente y permitan la máxima flexibilidad
1. *Diseño de la estructura y los circuitos, atendiendo a los requerimientos de eficiencia e integración multisensorial*
 2. *Elección de una estrategia adecuada para la localización de los robots en el entorno de la búsqueda*
 3. *Diseño e implementación de un sistema de comunicación adecuado*
 4. *Validación de los robots y publicación open-source*

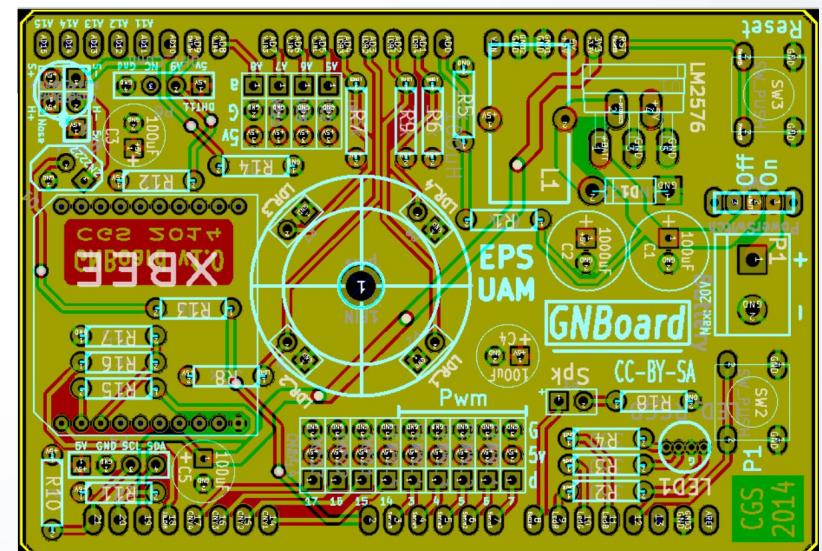
Desarrollo de la plataforma GNBot

Parte electrónica basada en Arduino

La integración multisensorial se consiguió con el diseño de una placa impresa (GNBoard) compatible con Arduino



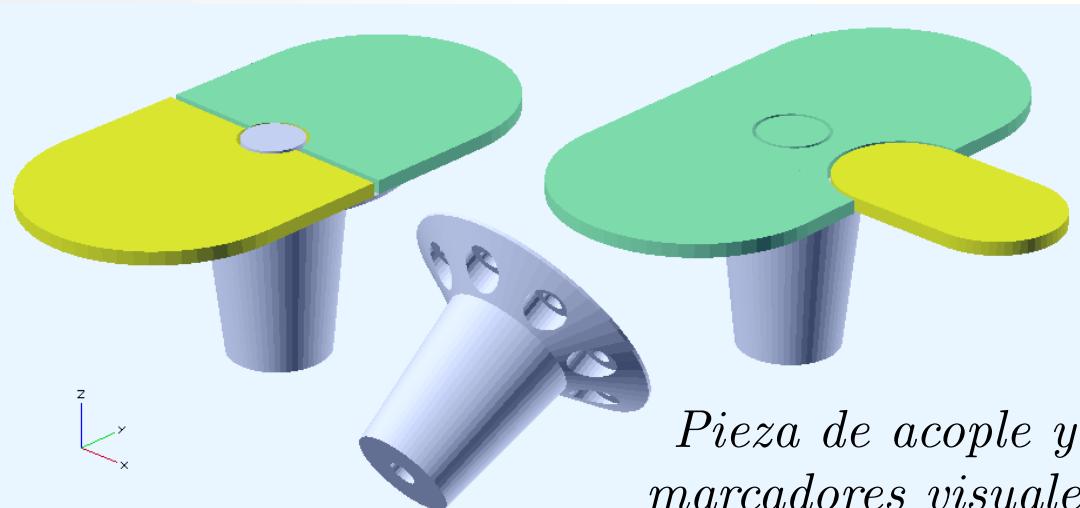
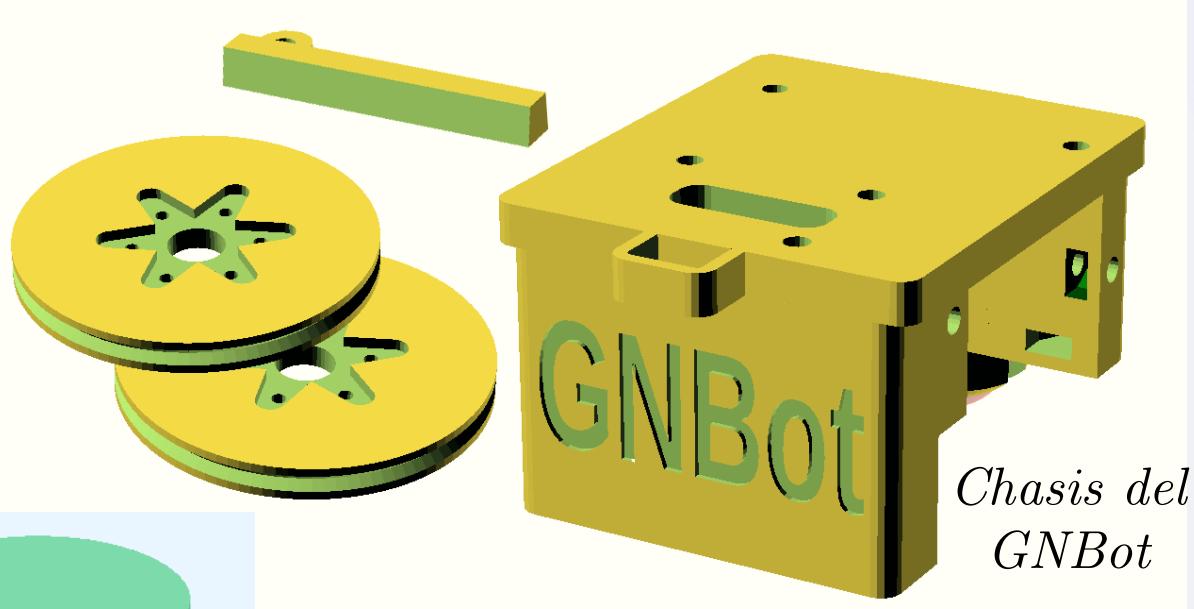
Se optó por una fuente de alimentación conmutada para maximizar la eficiencia energética



Desarrollo de la plataforma GNBot (II)

Diseño imprimible, fácilmente replicable

La estructura mecánica se ha diseñado para ser fácilmente replicable: las piezas son fabricadas con una impresora 3D



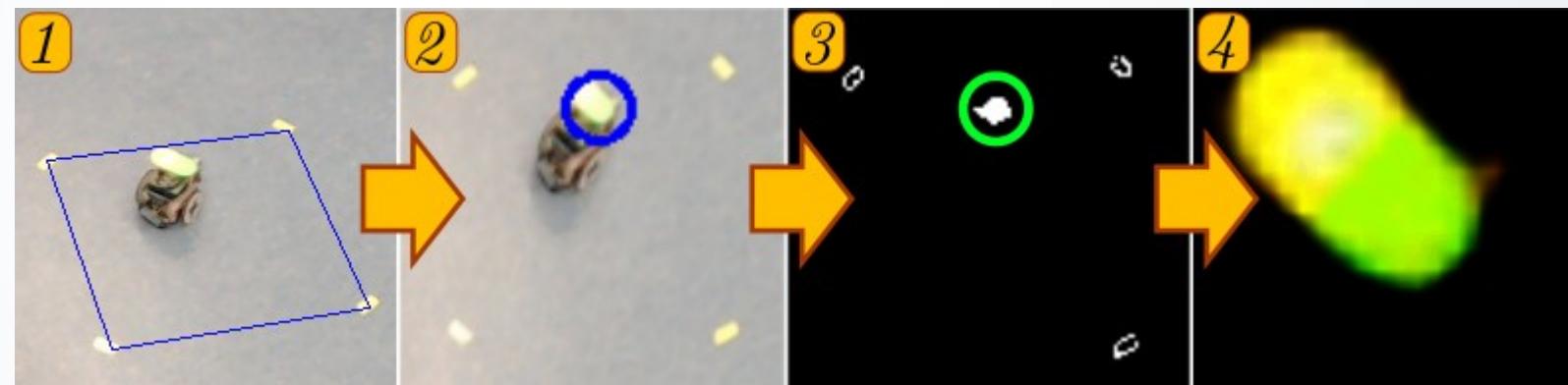
También se diseñaron marcadores visuales para el seguimiento automático de los robots

Desarrollo de la plataforma GNBot (III)

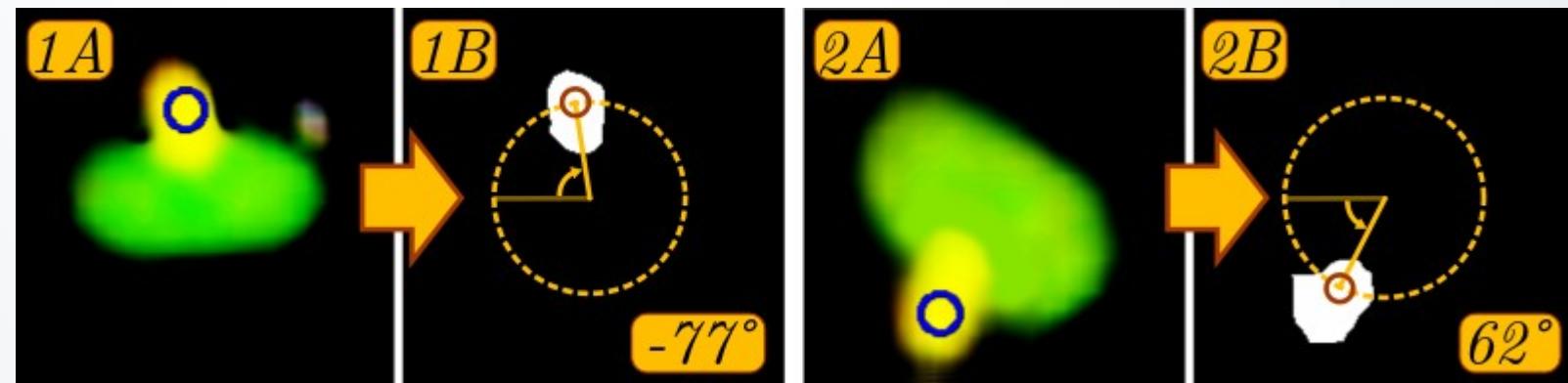
Sistema de localización espacial de los robots

Inicialmente se experimentó con un sistema basado en balizas luminosas (*ver Anexo A*), pero finalmente se optó por el método de visión artificial. La implementación se realizó mediante *OpenCV*

*Localización
del marcador*



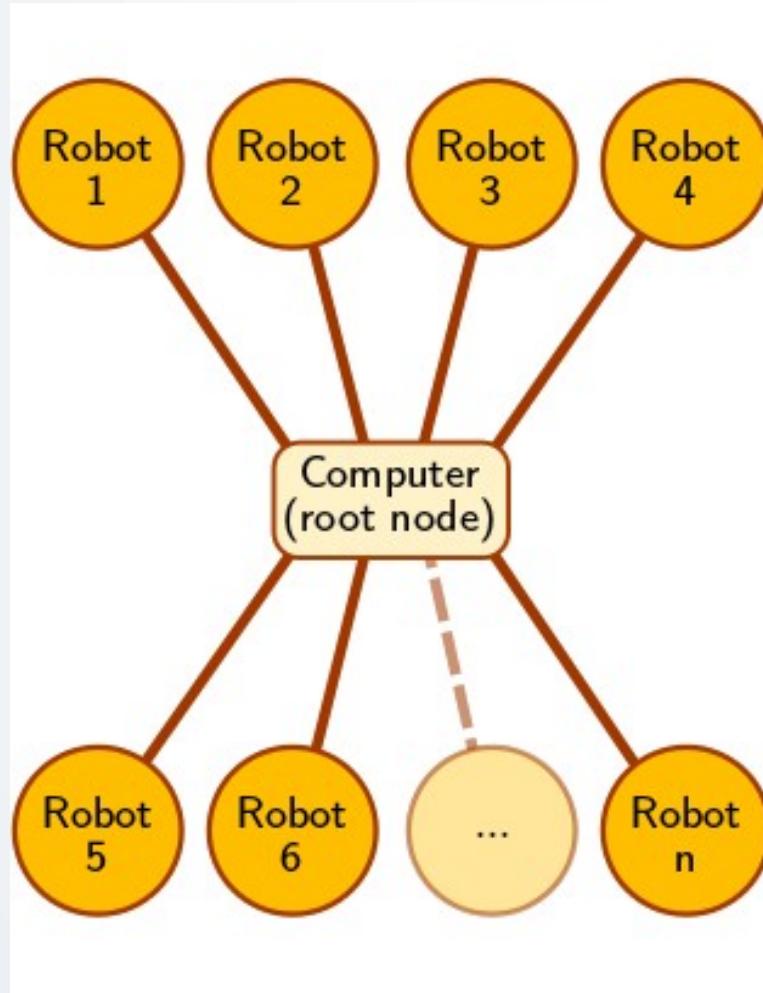
*Obtención
del ángulo
de rotación*



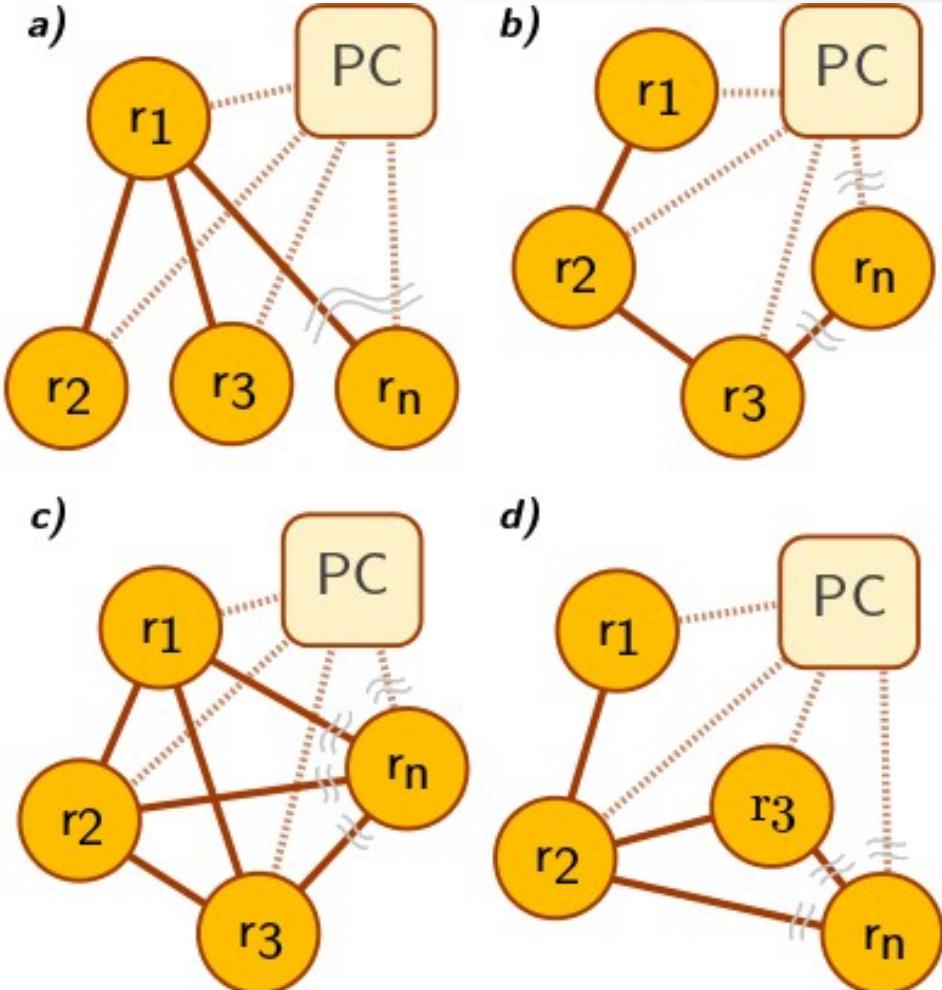
Desarrollo de la plataforma GNBot (y IV)

Estrategia de comunicación mediante ZigBee

Infraestructura base

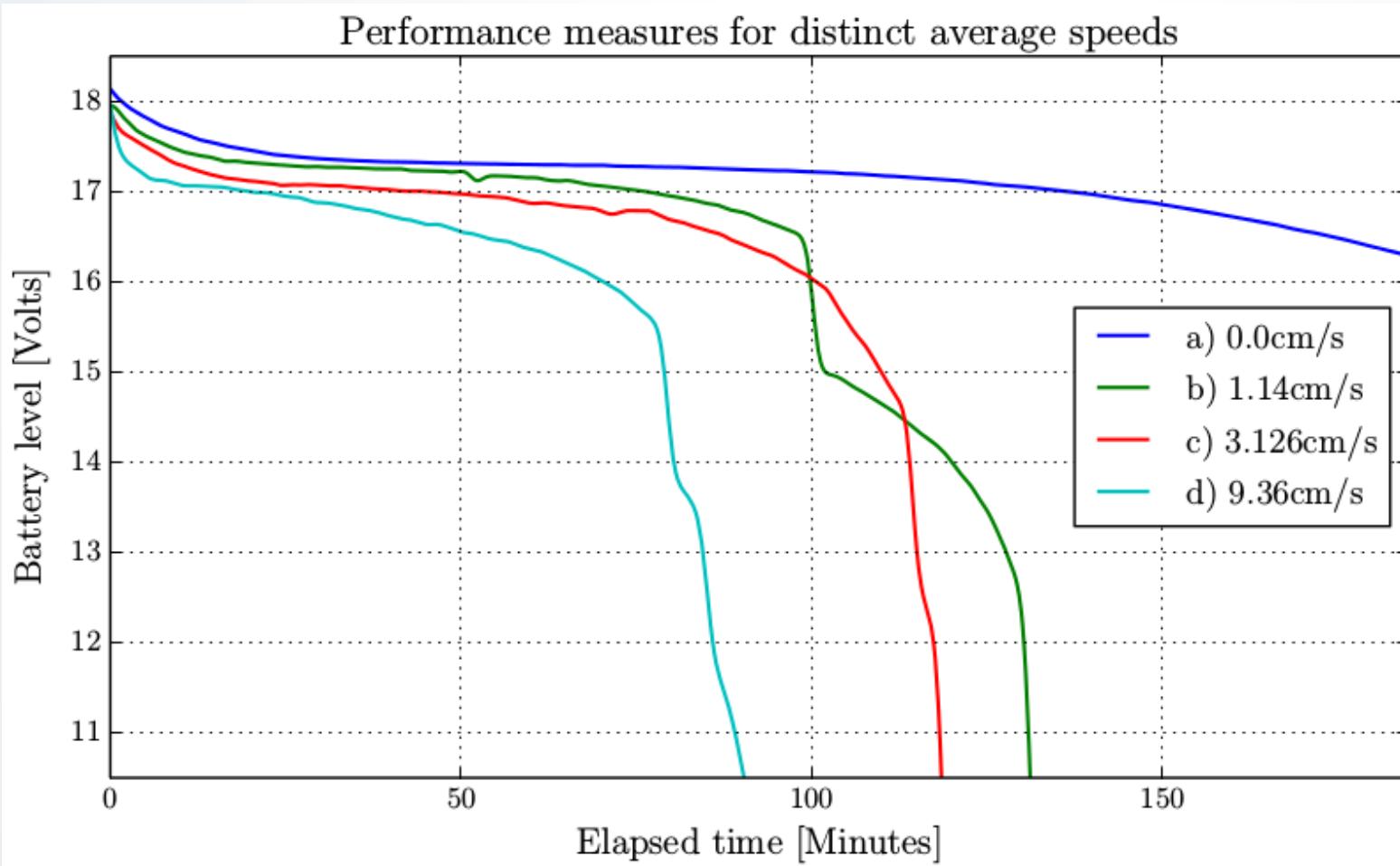


Possibles redes virtuales



Resultados obtenidos

Medidas de autonomía

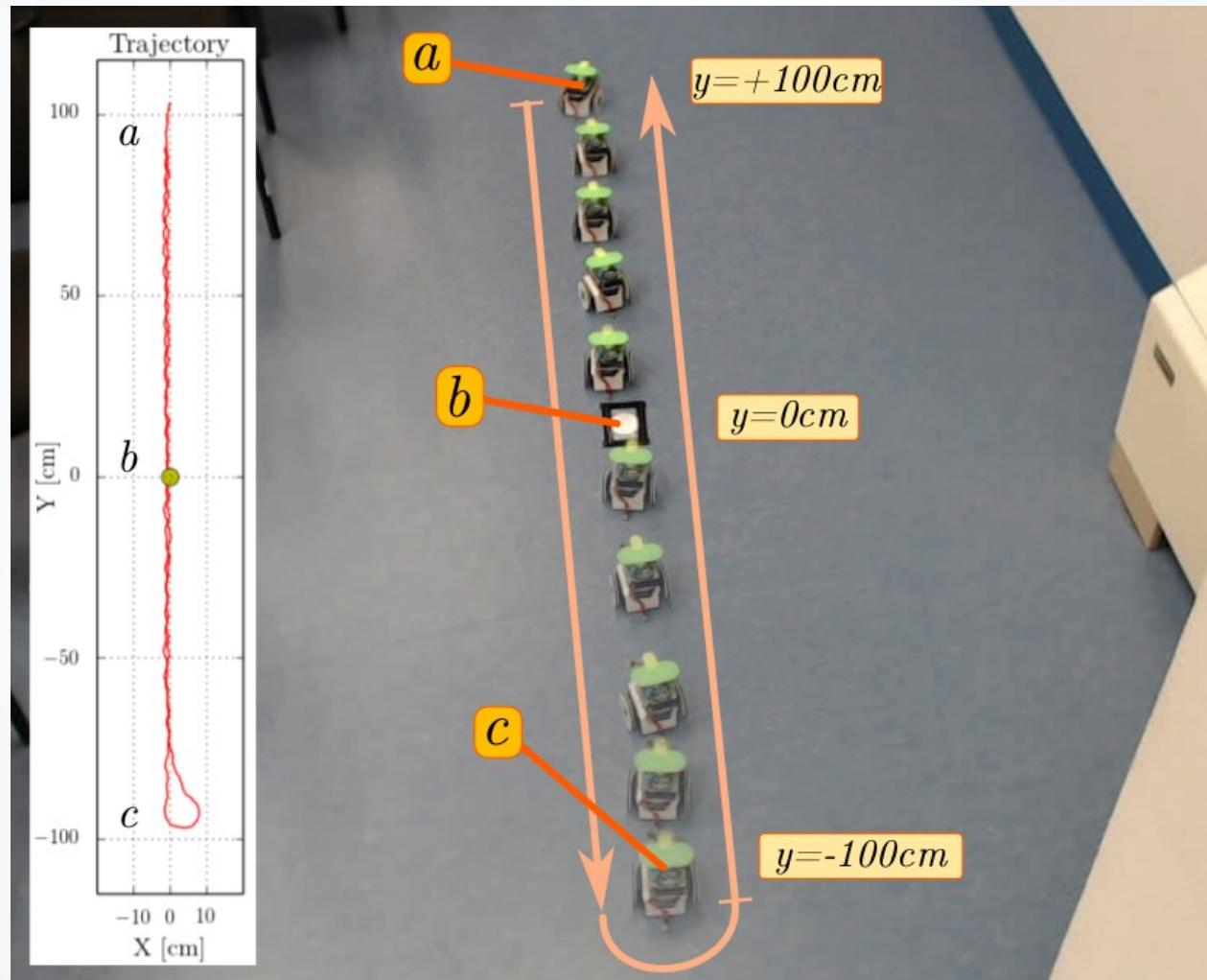


Los robots son capaces de monitorizar el estado de su batería mediante un circuito adaptador.

El rendimiento obtenido superó las expectativas originales, con 90 minutos de autonomía a la máxima velocidad (505 metros de rango útil de búsqueda)

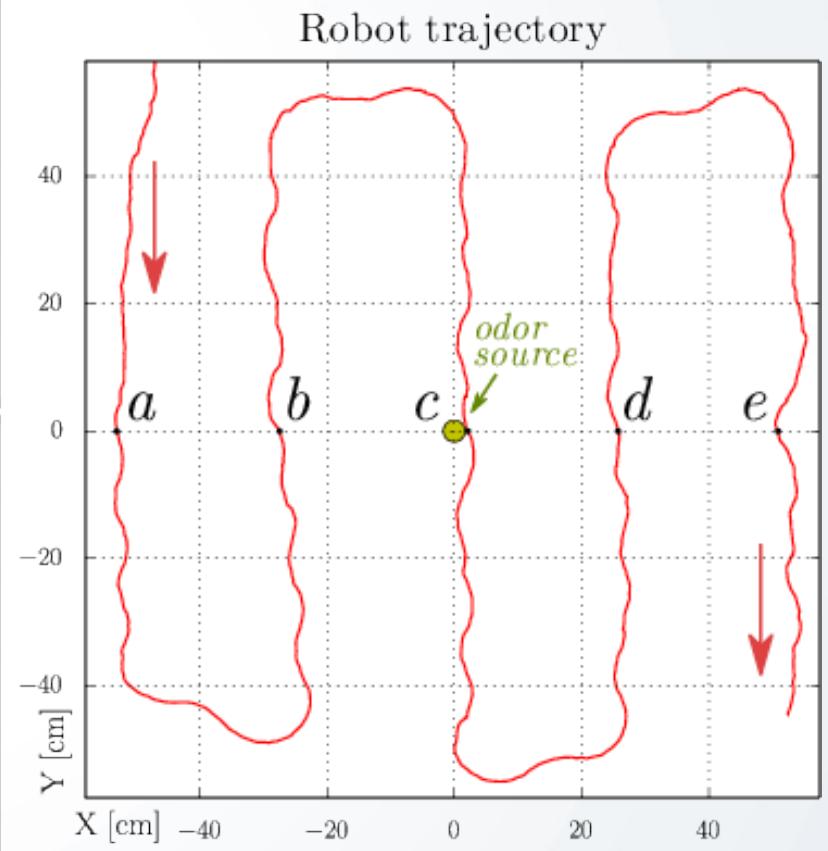
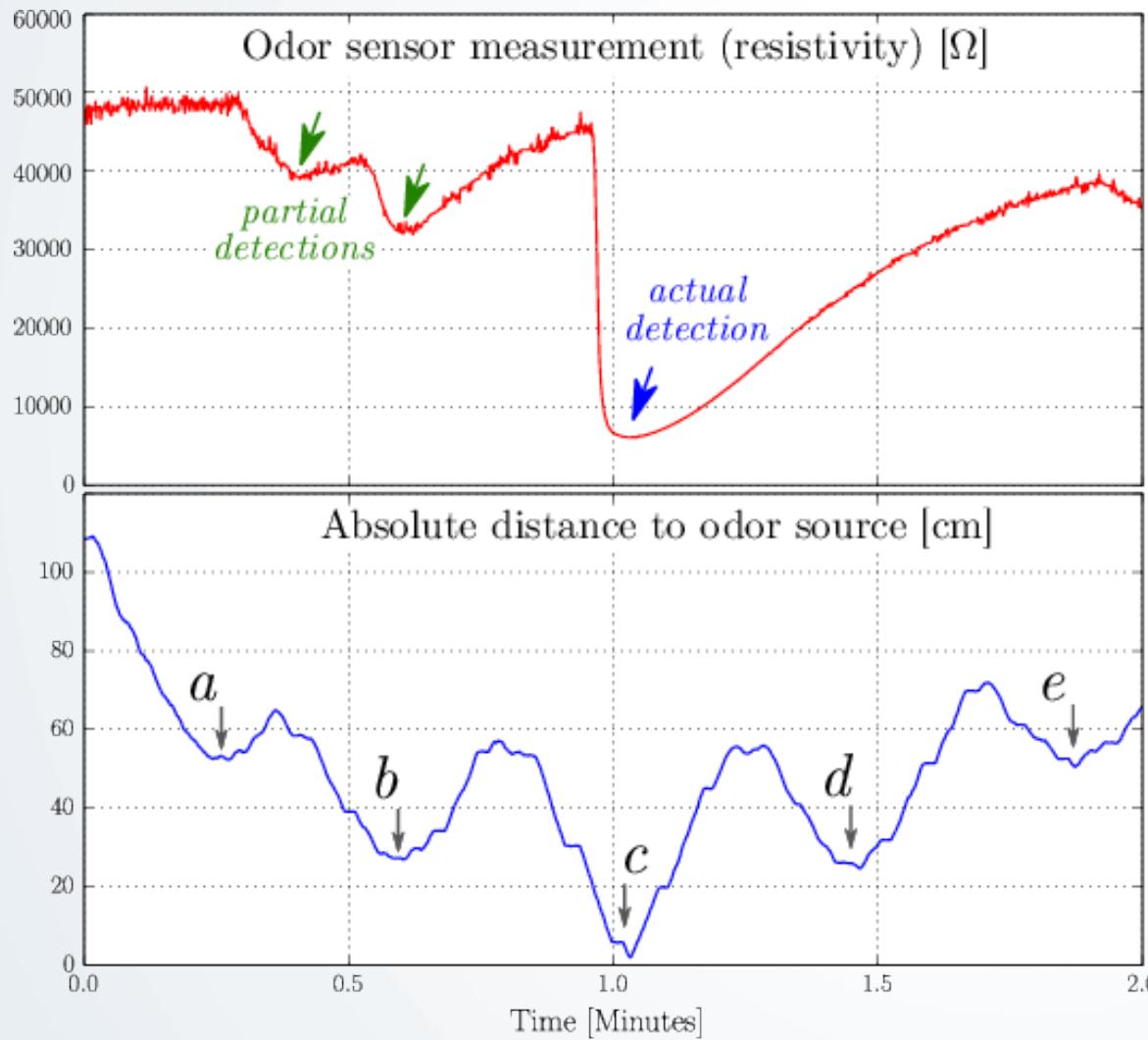
Resultados obtenidos

Medidas de sensibilidad a odorantes



Resultados obtenidos

Medidas de sensibilidad a odorantes



Las pruebas de detección de olores fueron exitosas [Video]

Conclusiones

- Se han cumplido todos los objetivos propuestos inicialmente:
 1. *Diseño de unos robots con narices artificiales, eficientes y fácilmente replicables*
 2. *Implementación de dos sistemas para la localización espacial de los robots*
 3. *Diseño del protocolo de comunicación, basado en ZigBee*
 4. *Validación de la plataforma GNBot para la búsqueda de olores y publicación en <http://github.com/carlosgs/GNBot>*
- Además se han aportado múltiples mejoras:
 - Una capa de abstracción en Python para facilitar la programación
 - Integración de sensores de humedad, luz, temperatura y campo magnético
 - Caracterización de la respuesta del sensor de olor para distintas velocidades de aproximación a la fuente
 - Prueba de una estrategia cooperativa basada en *Lévy Walks*

Publicaciones

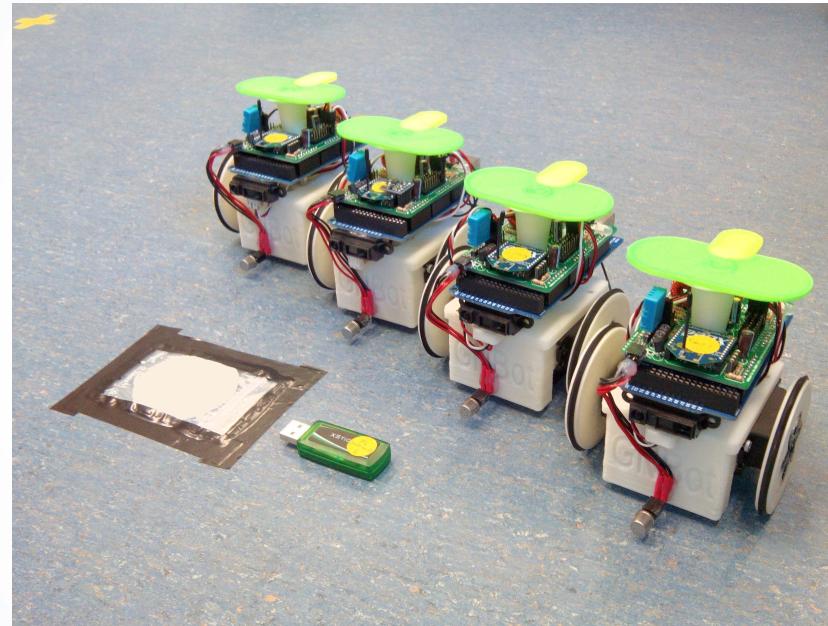
- Carlos Garcia-Saura, Francisco de Borja Rodriguez, and Pablo Varona. “**Design Principles for Cooperative Robots with Uncertainty-Aware and Resource-Wise Adaptive Behavior**”. Living Machines 2014, LNAI 8608, pp. 108-117, 2014.
- El proyecto también participa en el certamen de Investigación *Arquímedes 2014* del ministerio de educación
- La plataforma desarrollada es open-source y está disponible en:
<http://github.com/carlosgs/GNBot>

Publicación anterior relacionada:

- Carlos Garcia-Saura, Juan Gonzalez-Gomez (2012) “**Low cost educational platform for robotics, using open-source 3D printers and open-source hardware**”, ICERI2012 Proceedings, pp. 2699-2706. ISBN: 978-84-616-0763-1

Trabajo de Fin de Grado

Estrategias Cooperativas de Detección y Localización de Olores con Robots y Narices Artificiales



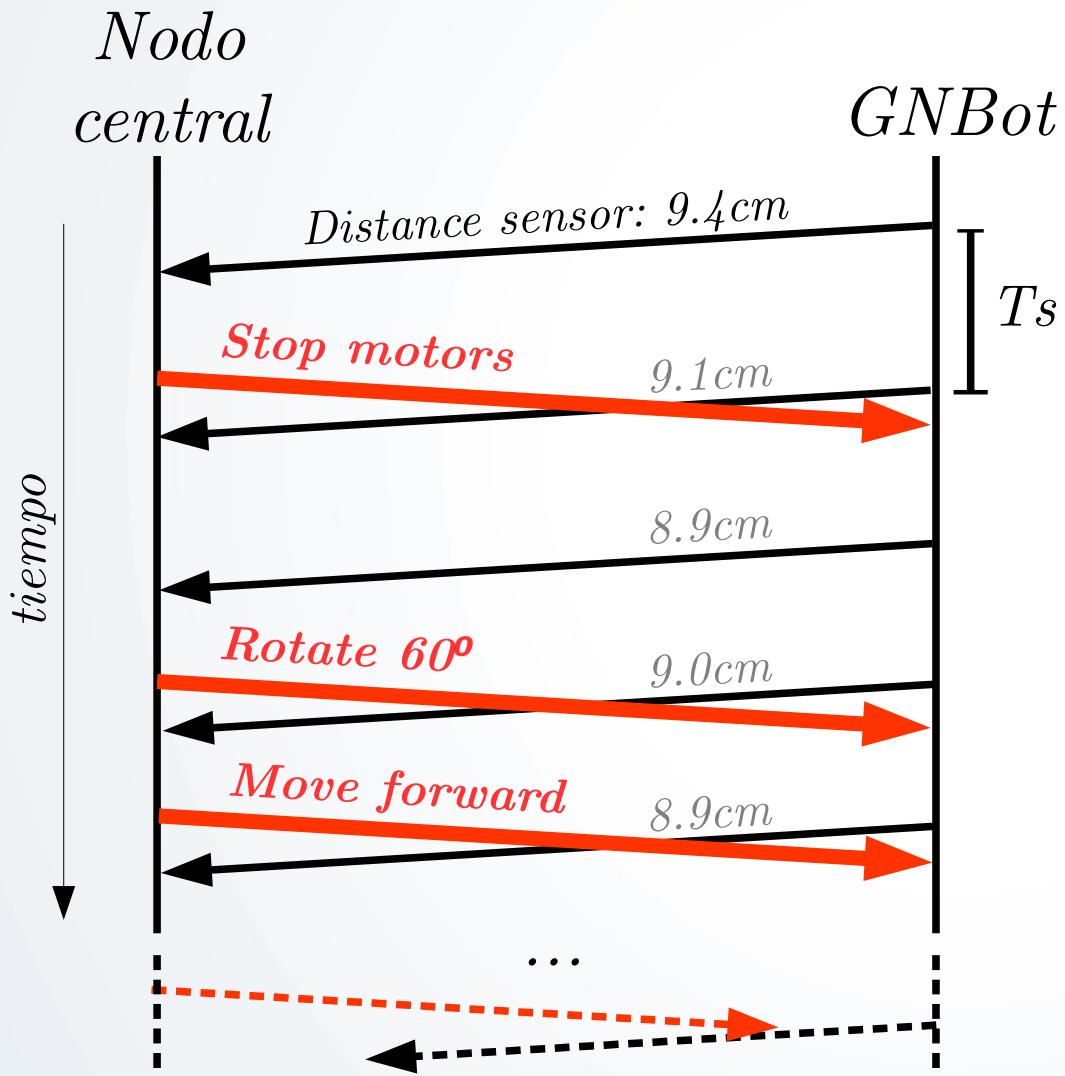
Autor: Carlos García Saura

Tutor: Pablo Varona Martínez

Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Diapositivas adicionales

Capa de abstracción software



Los robots se configuran para mandar los datos de los sensores a una tasa de muestreo T_s que se puede modificar en tiempo real. El ordenador procesa la información y devuelve comandos para determinar el comportamiento de cada robot.

Capa de abstracción software (II)

```
#!/usr/bin/python

import time
from GNBot.GNBot import GNBot

gnbot_addresses = []

def gnbot_received_callback(address, received_data):
    global gb, gnbot_addresses
    if not address in gnbot_addresses:
        print("NEW GNBOT ADDED! Addr: " + repr(address))
        gnbot_addresses.append(address)

gb = GNBot(gnbot_received_callback, '/dev/ttyUSB0', 9600)

print("Waiting for packets...")

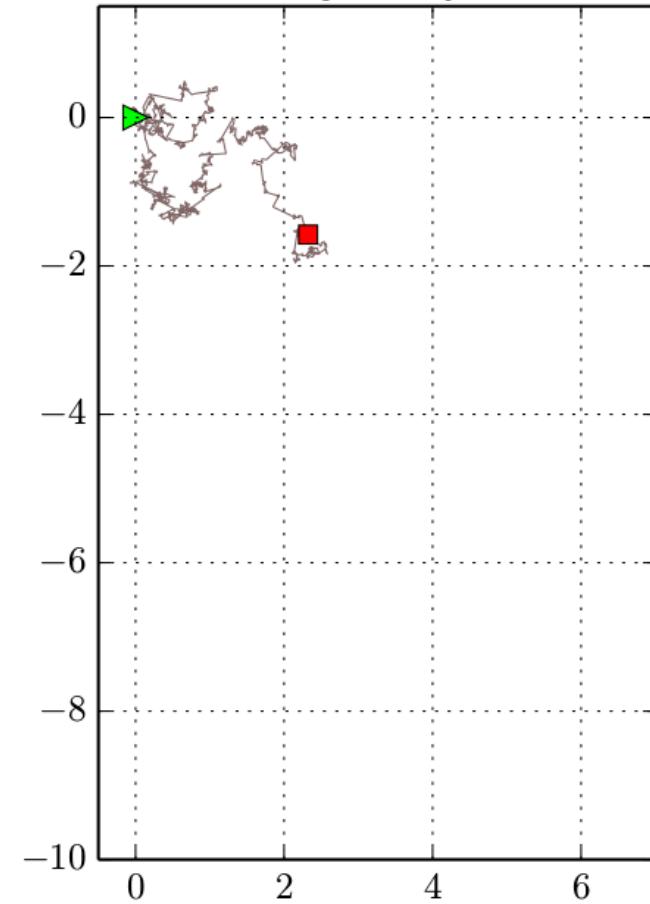
while 1:
    for address in gnbot_addresses:
        values = gb.createValue("motorL", 10)
        values += gb.createValue("motorR", 10)
        values += gb.createValue("delay", 2000)
        values += gb.createValue("motorL", 0)
        values += gb.createValue("motorR", 0)
        gb.sendPUTcommand(address, values)
    time.sleep(5)
```

```
valueTypes = {
    0      : "reserved",
    1      : "ledR_PWM",
    2      : "ledG_PWM",
    3      : "ledB_PWM",
    4      : "motorL",
    5      : "motorR",
    6      : "tone",
    7      : "noseHeater_PWM",
    8      : "noseMax",
    9      : "noseMin",
    10     : "distMax",
    11     : "distMin",
    12     : "batteryMax",
    13     : "batteryMin",
    14     : "notone",
    15     : "delay",
    16     : "toneMs",
    17     : "humidity",
    18     : "temperature",
    19     : "magnetometerX",
    20     : "magnetometerY",
    21     : "magnetometerZ",
    22     : "button",
    23     : "sampletime"}
```

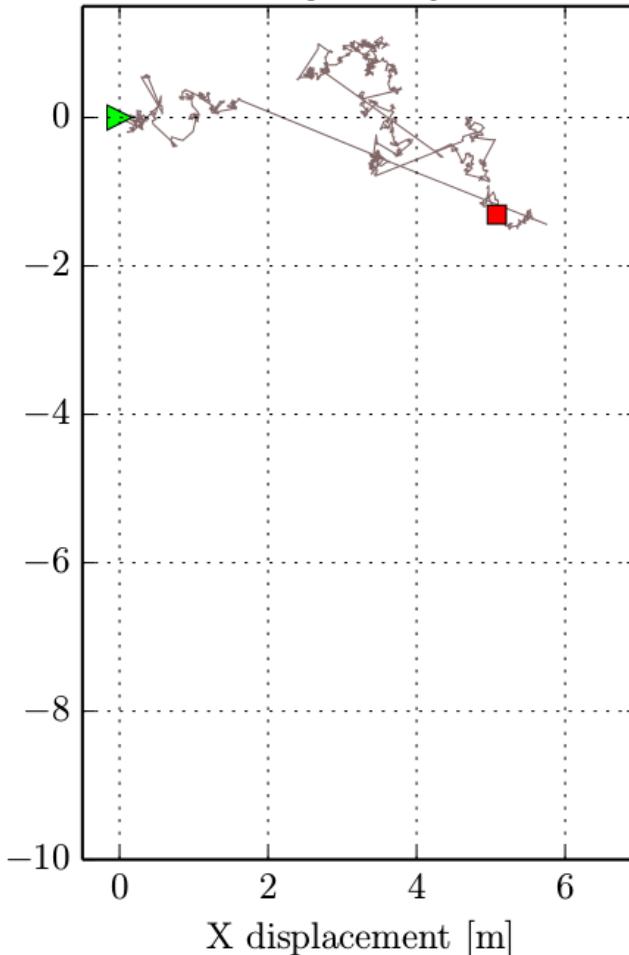
Búsquedas basadas en saltos de Lévy

Examples of simulated Lévy walks

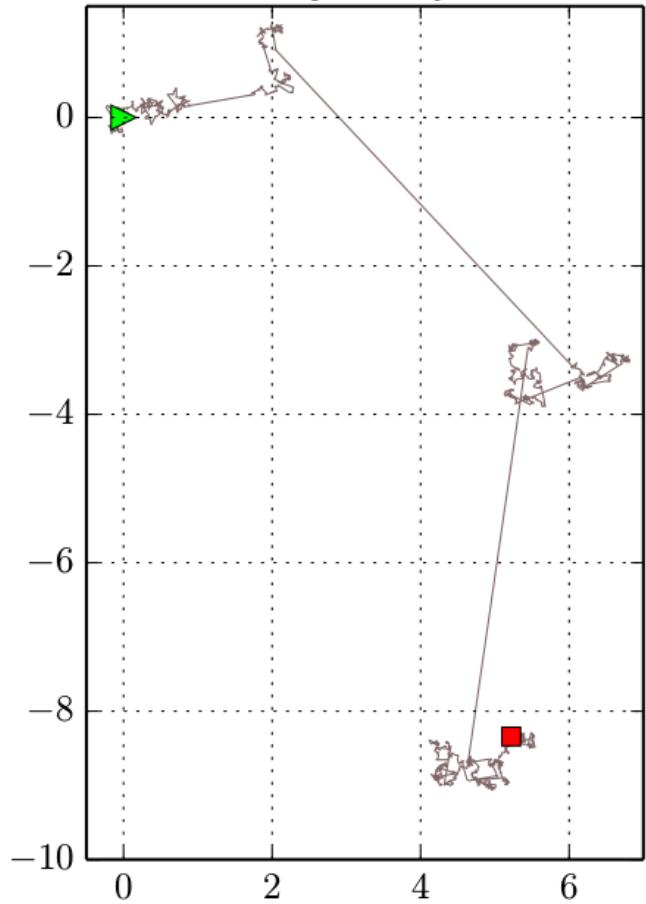
Trajectory *a*



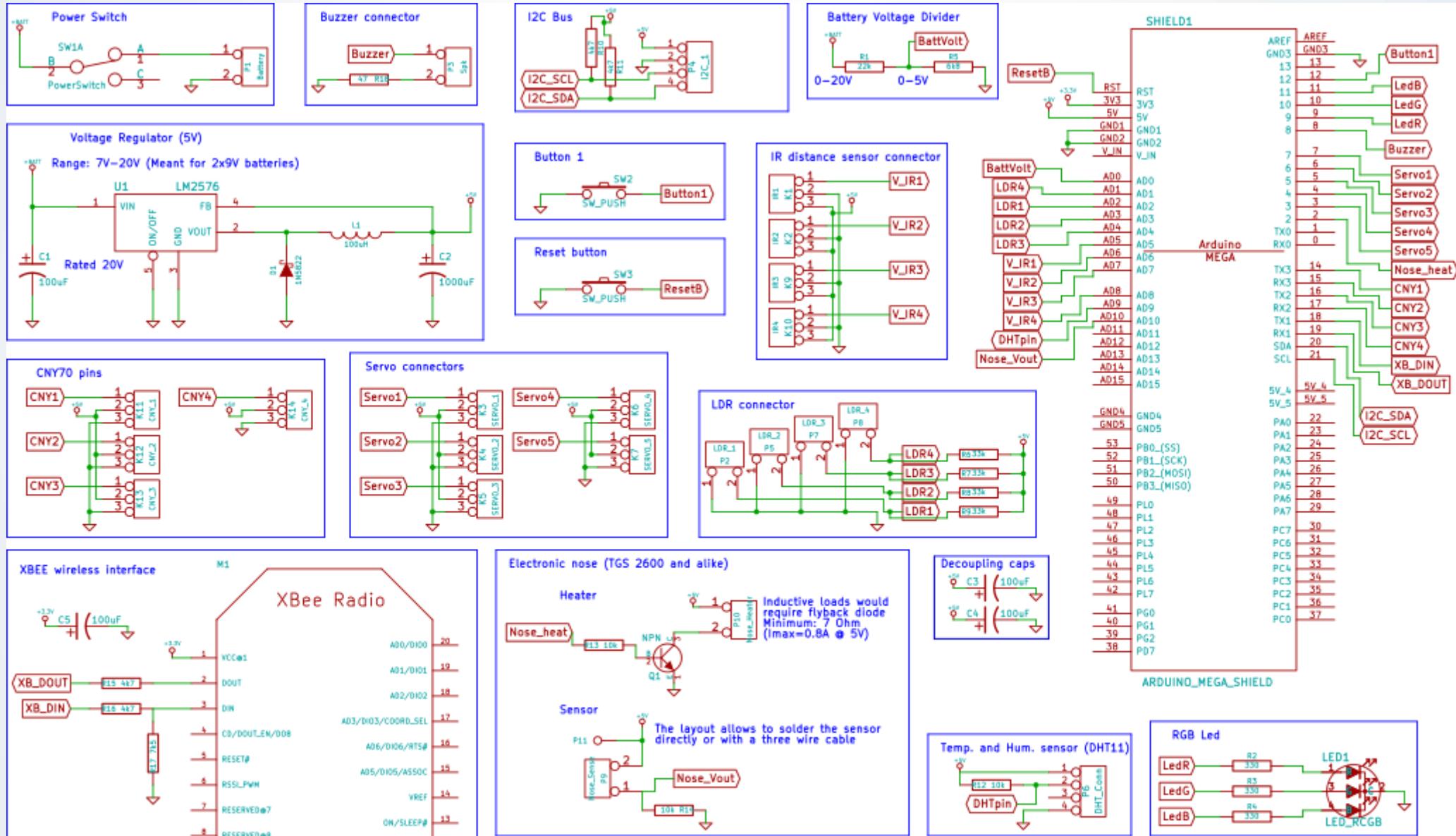
Trajectory *b*



Trajectory *c*



Esquemáticos de la placa GNBoard



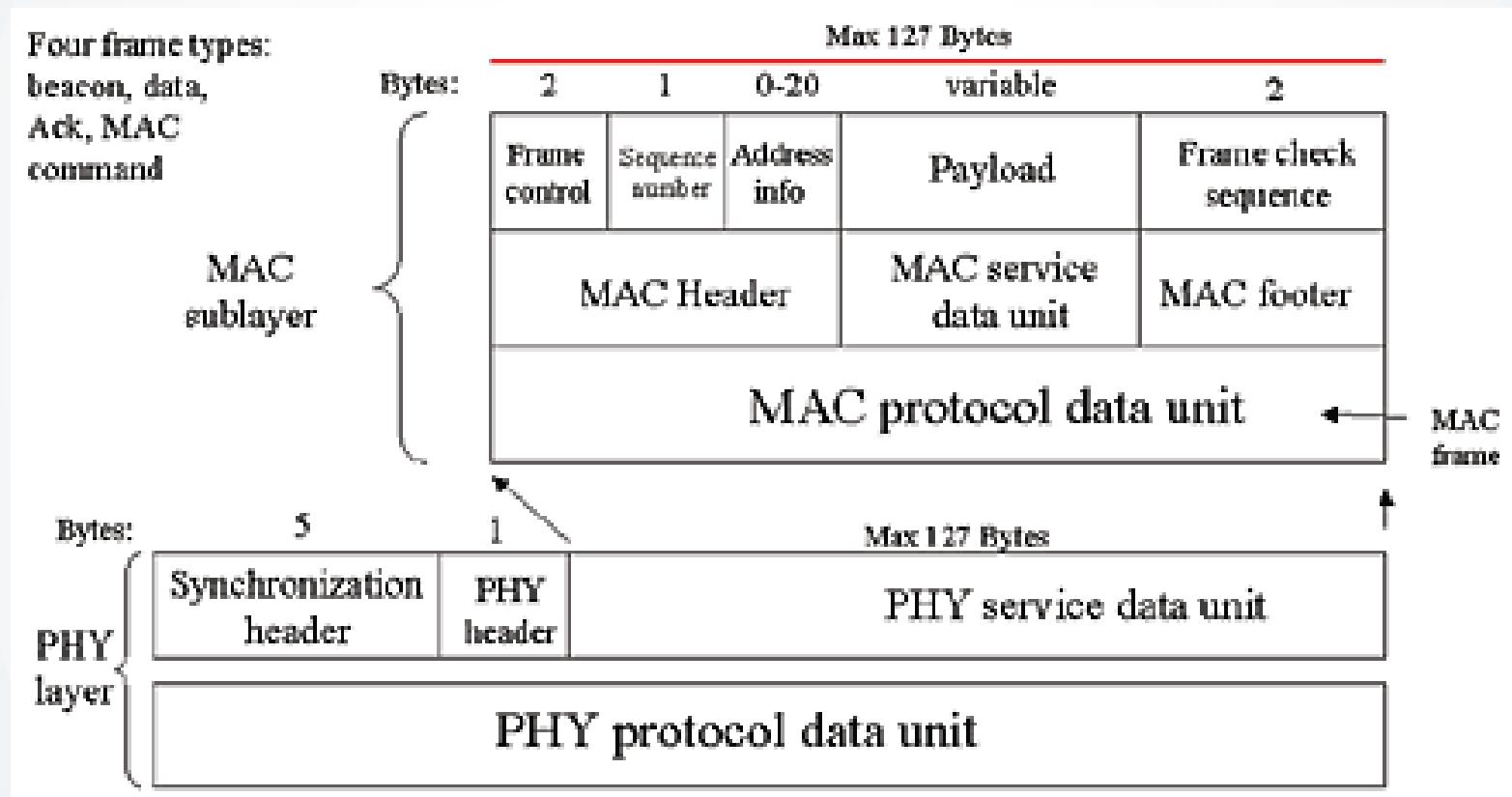
Detección y Localización de Olores con Robots y Narices Artificiales

Comparativa de protocolos inalámbricos

Market Name	ZigBee®	---	Wi-Fi™	Bluetooth™
Standard	802.15.4	GSM/GPRS CDMA/1xRTT	802.11b	802.15.1
Application Focus	Monitoring & Control	Wide Area Voice & Data	Web, Email, Video	Cable Replacement
System Resources	4KB - 32KB	16MB+	1MB+	250KB+
Battery Life (days)	100 - 1,000+	1-7	.5 - 5	1 - 7
Network Size	Unlimited (2^{64})	1	32	7
Maximum Data Rate (KB/s)	20 - 250	64 - 128+	11,000+	720
Transmission Range (meters)	1 - 100+	1,000+	1 - 100	1 - 10+
Success Metrics	Reliability, Power, Cost	Reach, Quality	Speed, Flexibility	Cost, Convenience

Fuente: ZigBee Alliance

IEEE 802.15.4/ZigBee



Fuente: SensorMag