

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto

Orquesta Distribuida Inalámbrica mediante Web of Things

2. Código del Proyecto

115010

3. Resumen del Proyecto

Desarrollo de sistemas Web of Things (WoT) desplegando Redes de Sensores Inalámbricos de distintas tecnologías inalámbricas (IEEE802.15.4 e IEEE 802.11) que permita a los alumnos desarrollar conceptos de programación distribuida con microcontroladores de baja capacidad de cómputo, construcción de sistemas reales en entornos controlados y sobre todo, fusión de múltiples datos de sensores con una tecnología base común utilizando WoT como proveedor estructural de la infraestructura de Tecnologías de la Información. Desarrollo de un proyecto atractivo basados en juegos, que involucra la generación de música a partir de los movimientos de los nodos inalámbricos.

4. Coordinador del Proyecto

Nombre y Apellidos	Departamento	Grupo Docente	Categoría Profesional
José Manuel Palomares Muñoz	A.C.E.yT.E.	030	Prof. Colaborador con Doctorado
Juan Carlos Gámez Granados	A.C.E.yT.E.	030	Prof. Enseñanzas Secundarias en Comisión de Servicios

5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Grupo Docente	Categoría Profesional
José María Castillo Secilla	A.C.E.yT.E.		Becario FPDI
José Manuel Soto Hidalgo	A.C.E.yT.E.	030	Prof. Colaborador DEA
Joaquín Olivares Bueno	A.C.E.yT.E.	030	Prof. Contratado Doctor

6. Asignaturas afectadas

Nombre de la asignatura	Área de conocimiento	Titulación/es
Sistemas en Tiempo Real	ATC	Ingeniería Informática
Informática Industrial	ATC	Máster Interuniversitario en Control de Procesos Industriales
Interfaces y Periféricos	ATC	Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas

MEMORIA DE LA ACCIÓN

Especificaciones

Apartados

Introducción

Las Redes de Sensores Inalámbricas (WSN, por sus siglas en inglés) son una tecnología que une sistemas computacionales de bajo coste con tecnologías de comunicación inalámbricas. El bajo coste de estos nodos (también llamados “motas”) hace que se puedan desplegar grandes cantidades de estas motas en entornos dispersos sin necesidad de trazar cables de comunicaciones. Estas motas permiten incluir sensores que se utilizan para muestrear diversas variables físicas del entorno y actuar consecuentemente. Las WSN se pueden desplegar con diversas topologías de conexión, siendo las más comunes: la topología en estrella, la topología en malla y la topología en árbol. Algunas de estas topologías no utilizan nodos intermedios (o nodos routers) mientras que otras sí requieren la presencia de este tipo de nodos.

Es habitual mezclar en un mismo entorno diferentes tecnologías inalámbricas, para obtener las mejores prestaciones según los requisitos de cada sensor o variable muestreada. Cuando se mezclan motas de tecnologías inalámbricas diferentes (por ejemplo, Bluetooth, WiFi y nodos 802.15.4) cada una de ellas despliega una red que identifica las motas dentro de la misma con identificadores y protocolos no compatibles entre sí.

Para resolver el acceso de una red con una tecnología inalámbrica concreta a otra de tecnología diferente es necesario incorporar nodos que permitan actuar como puentes traductores de protocolos entre las dos tecnologías diferentes. Al no poder acceder directamente los nodos orígenes de una tecnología inalámbrica a los nodos destino desplegados con otra tecnología inalámbrica, la comunicación no es transparente para el usuario final. En algunas tecnologías el paquete básico de comunicación tiene un tamaño mayor (en bytes) que en otras, con lo que estos nodos puente pueden llegar a colapsarse bajo determinadas condiciones de carga.

Por otra parte, Web of Things (WoT) es un paradigma nuevo que pretende unificar todas las comunicaciones haciendo que todas las motas tengan el protocolo TCP/IP en las capas superiores de la pila de comunicaciones, asentándose sobre la capa física y MAC particular de cada tecnología inalámbrica. Al tener TCP/IP, todos los nodos inalámbricos tienen una dirección IP conocida y accesible desde cualquier otro nodo. En este caso, los nodos puente no tienen que hacer una traducción completa de toda la pila de protocolos, sólo una adaptación de los paquetes TCP/IP a los paquetes físicos que admite la tecnología inalámbrica concreta de la red destino.

Para intercambiar información y controlar cada mota de manera transparente a la tecnología de implementación y de comunicación, se le instala un pequeño servidor web a cada mota que responde a las peticiones provenientes desde la red. Habitualmente lo que hacen los nodos es proporcionar el valor del sensor que están muestreando como una respuesta web (XML) a una petición GET/POST mediante HTTP. Gracias a esto, se puede proponer una abstracción de datos distribuida uniforme, el acceso a cualquier sensor se reduce a saber la dirección IP que tiene el nodo asociado a dicho sensor y realizar una petición HTTP sobre dicha dirección IP.

Por tanto, WoT permite de forma transparente al usuario final incluir, retirar, sustituir o modificar nodos con diversos sensores y diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica, sin necesidad de reprogramar ningún nodo.

Este proyecto pretende integrar nodos con dos tecnologías inalámbricas diferentes: WiFi/IEEE 802.11 y IEEE 802.15.4. Para ello se utilizarán dos sistemas de bajo coste (OpenPicus y TelosB), gracias a los cuales los alumnos podrán trabajar con diferentes sistemas de procesamiento y comunicaciones. También incorpora el uso de sensores específicos como son los giróscopos, que no están integrados en los sistemas originales y para los que hay que realizar una adaptación concreta en función del sensor que se seleccione (hay giróscopos con respuestas digitales y otros con respuestas analógicas).

Para hacer más atractivo y atrayente el proyecto para los alumnos se pretende desarrollar un sistema distribuido en el que cada mota incorpore un giróscopo, de tal forma que los movimientos de los nodos sean traducidos a diferentes tonos y duración de notas (agudo o graves en función del ángulo de giro, de la rapidez del mismo u

otras opciones) generadas en un ordenador central. Los alumnos incluirán los giróscopos, programarán los nodos para responder a las peticiones del ordenador central.



Objetivos

- Introducir a los alumnos en las redes de sensores inalámbricas.
- Promover el desarrollo de proyectos complejos mediante aplicaciones atractivas
- Fomentar el descubrimiento autónomo de las posibilidades que permite un sistema unificado de acceso distribuido a los datos mediante WoT.
- Mostrar la imprecisión de los entornos físicos frente a los sistemas simulados: posibles variaciones en los datos de los sensores por errores de captación, datos erróneos, etc.
- Introducción de los requisitos de Tiempo Real en la captación de las variables muestreadas, envío inalámbrico de los mismos y procesamiento en el sistema central de los datos de todos los nodos.



Descripción de la experiencia

El proyecto se propuso a los alumnos de la asignatura “Sistemas en Tiempo Real”, para que de manera colateral a las prácticas obligatorias de la asignatura, sin embargo, ningún alumno quiso realizar el trabajo. Posteriormente, se ofreció a los alumnos de la asignatura “Informática Industrial” del Máster Interuniversitario en Control de Procesos Industriales, en el que un alumno aceptó y desarrolló el trabajo de manera conjunta con los profesores implicados.

Una vez se comenzó el trabajo efectivo se comprobaron varias cuestiones de tipo técnico, en relación con el uso de la mota OpenPicus y del uso de giróscopos. Con respecto al uso de OpenPicus, se observaron graves deficiencias en este modelo que desaconsejaban su uso, por lo que se decidió el uso del sistema Arduino FIO y de su integración con el otro modelo de mota, TelosB. Por otra parte, tras unas pruebas preliminares se determinó que el giróscopo no era el sensor más adecuado ya que únicamente proporcionaba datos relativos a giros, siendo éstos muy complicados de reproducir. Se probó el diseño con acelerómetros, consiguiéndose mejores resultados que con el uso de giróscopos. Se presentó un escrito para la justificación del uso de TelosB y de acelerómetros, sin alterar el montante económico total asignado al proyecto. El departamento de Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica prestó el uso de Arduino FIO, módem XBee y el resto de componentes electrónicos necesarios para el desarrollo del proyecto, por lo que no hubo que adquirir más elementos.

Al inicio del desarrollo del proyecto, se comprobó que el trabajo original era demasiado complejo y ambicioso para su desarrollo completo por el único alumno que mostró interés, ya que implicaba la implementación de un sistema de captura gestual del movimiento, de un protocolo de comunicación, de un sistema web, de una pasarela entre protocolos inalámbricos y de la aplicación de la orquesta distribuida. Se optó por el desarrollo del sistema de captura gestual del movimiento, del protocolo de comunicación y de la aplicación de la orquesta distribuida.

Se diseñó un guante de datos inalámbrico para capturar los movimientos y gestos de la mano mediante un acelerómetro. También se desarrollaron sensores de flexibilidad, que se incorporaron a cada dedo, gracias a los cuales se pueden determinar qué dedos están flexionados y en qué grado. Se incorporó un Arduino FIO y un modem XBee para transmitir los datos capturados por el guante a un ordenador, al cual se le conectó un modem XBee a través de un cable USB. Se diseñó un pequeño protocolo de comunicación que permitía reducir la carga de envío a tan sólo 40 bytes. Esta carga tan reducida permitió mantener tasas de comunicación de paquetes cada 40 ms (es decir, una tasa de muestreo de 25 Hz, lo cual se puede considerar tiempo real).

En el ordenador se programó una aplicación que captaba los datos, los interpretaba y generaba el sonido asociado. Se programaron una serie de gestos que permitían cambiar el tono y el instrumento con el que se generaba el sonido.



Materiales y métodos

El desarrollo siguió el método de prototipado rápido, consistente en la construcción de pequeños sistemas parciales que eran ajustados hasta obtener los resultados de interés en cada aspecto, integrando todos ellos en la versión final. Esta última versión requirió varias fases de control y ajuste ya que, aunque por separado funcionaban

correctamente, al unir todos los elementos se comprobó que existían algunas incompatibilidades y también era posible la aplicación de algunas optimizaciones de uso.

Resultados obtenidos y disponibilidad de uso

El resultado obtenido no se ajusta plenamente a los objetivos fijados en la propuesta original, sin embargo, el producto final es mucho más interesante. Se poseen dos guantes de datos inalámbricos que captan los gestos de las manos y un sistema de comunicaciones muy eficiente que permite el sondeo con muestreos en el nivel de tiempo real. A continuación, se incluye una imagen del guante de datos que se ha construido.



Figura 1: Guante de datos inalámbrico

De manera adicional, este trabajo ha sido publicado en el Congreso Nacional “Jornadas de Computación Empotrada” organizadas por la Sociedad de Arquitectura y Tecnología de Computadores de España (SARTECO) en la ciudad de Elche (Alicante) los pasados días 19-21 de septiembre de 2012.

Utilidad

El sistema desarrollado tiene muchas posibilidades tanto a nivel educativo como a nivel de investigación. Algunas empresas y profesionales se han interesado por el diseño y han mostrado interés en el desarrollo de aplicaciones que utilicen el guante de datos inalámbrico.

En el plano educativo, puede ser interesante en diversas asignaturas de varias titulaciones:

- *Sistemas Empotrados* del Grado en Ingeniería en Informática
- *Sistemas en Tiempo Real* del Grado en Ingeniería en Informática
- *Interfaces y Periféricos* del Grado en Ingeniería en Informática
- *Redes y Comunicaciones Específicas* del Grado en Ingeniería en Informática
- *Sistemas Electrónicos Digitales* de Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial
- *Sistemas en Tiempo Real* de Ingeniería en Informática

Observaciones y comentarios

Se espera poder ampliar este trabajo, incluyendo la comunicación con otros protocolos inalámbricos. Según la experiencia que hemos adquirido gracias a este trabajo, creemos que para estos sistemas, que requieren una tasa de comunicaciones tan elevadas, no es viable la utilización de Web of Things como mecanismo de intercomunicación.

Autoevaluación de la experiencia

El sistema diseñado ha significado un desarrollo muy interesante y de gran nivel, como demuestra la gran precisión que se consigue con el guante de datos y la ratio de comunicaciones (25 muestreos por segundo).

Debido a la calidad del trabajo realizado, el alumno que ha desarrollado el sistema ha presentado este proyecto como Proyecto Fin de Carrera y está a la espera de su evaluación final.

Bibliografía

M.A. Arenas, J.M. Palomares, L. Girard, J. Olivares, J.M. Castillo-Secilla **“Diseño y Construcción de Sensores de Flexibilidad Aplicados a un Guante de Captación de Datos”** Actas del Congreso “Jornadas Sarteco” en la Conferencia “Jornadas de Computación Empotrada”. Elche (Alicante), 19-21 de septiembre de 2012.

En Córdoba, a 27 de septiembre de 2012