

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2019

MEMORIA DEL PROYECTO Nº 18

1. DATOS DEL PROYECTO

Título: Monitorización de motores eléctricos en tiempo real orientada a la detección de anomalías de funcionamiento y el mantenimiento predictivo

Investigador/a/es responsable/es: Francisco José Suárez Alonso

Tfno: 985182223

E-mail: fjsuarez@uniovi.es

Otros investigadores: Juan Carlos Granda Candás. José María López López, Daniel Fernando García Martínez

Empresas o instituciones colaboradoras: CAPSA, ArcelorMittal, UPintelligence

2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.1 Resumen ejecutivo

El resumen ejecutivo del Proyecto debe ser una síntesis clara y concisa del trabajo realizado, describiendo brevemente los motivos que justifican su realización, los beneficiarios, los objetivos específicos y su grado de consecución, la metodología aplicada y los resultados obtenidos.

La industria 4.0 plantea soluciones para capturar y analizar gran cantidad de datos en tiempo real como ayuda a la toma de decisiones automatizada. En este sentido, resulta muy interesante la generación de conocimiento a partir del procesamiento de la información de los sensores instalados en maquinaria o en el propio producto manufacturado. Así, por ejemplo, el mantenimiento predictivo de equipos industriales es una opción cada vez más utilizada como alternativa al simple mantenimiento reactivo (cuando los equipos fallan) o al mantenimiento preventivo (en períodos fijos), ya que supone un ahorro significativo en los costes de mantenimiento al optimizar la planificación de las operaciones necesarias, pues únicamente se llevan a cabo cuando los equipos están a punto de fallar.

Un sistema de mantenimiento predictivo necesita disponer de una gran cantidad de datos obtenida a partir de la monitorización de los equipos mediante sensores. A partir de dichos datos se puede realizar directamente un análisis en tiempo real para detectar automáticamente anomalías en el funcionamiento de los equipos y poder alertar a los técnicos de mantenimiento, o también, a más largo plazo, alimentar modelos predictivos de fallo construidos a partir de todo el histórico de datos de los equipos y de los fallos registrados.

El proyecto, realizado en colaboración con las empresas CAPSA y ArcelorMittal, ha implicado el desarrollo de prototipos de las primeras fases de un sistema de mantenimiento predictivo de motores eléctricos en la planta industrial de producción de una de dichas empresas. Mediante los prototipos desarrollados se han cubierto las dos primeras fases (monitorización y visualización) y queda pendiente la tercera (detección de anomalías) como objetivo central de un proyecto futuro.

El mantenimiento predictivo de equipos industriales requiere la implementación de una gran cantidad de sensores de bajo coste para la monitorización en tiempo real de los equipos durante su operación. Los sensores que consideramos son sensores simples que miden variables físicas (temperatura, corriente eléctrica, vibración, etc.) integrados en una red de sensores inteligentes para soportar aplicaciones industriales basadas en la nube. Los sensores generan flujos de datos que pueden ser procesados por una arquitectura de computación en la niebla (fog computing) integrada en la red de sensores antes de enviarlos a la nube. La computación fog proporciona robustez en caso de problemas en los enlaces de red a la nube, una respuesta más rápida a los eventos de las capas por debajo de la nube y una disminución en la cantidad de datos transferidos a la nube. La red de sensores propuesta tiene dos capas. La primera capa corresponde a los nodos de sensores inalámbricos de bajo consumo locales para cada dispositivo industrial y es responsable de la adquisición de datos en tiempo real desde los sensores y la generación de flujos de datos agregados. La segunda capa corresponde a las puertas de enlace o pasarelas (gateways) que reciben flujos de datos desde los nodos sensores y los envían a una nube pública para su almacenamiento y posterior análisis. Tanto los nodos sensores como los gateways tienen recursos de procesamiento, por lo que las dos capas de la red constituyen una arquitectura de cómputo fog donde, al igual que en la nube, se pueden ejecutar tareas de aplicación. El mantenimiento predictivo de motores eléctricos en un entorno industrial es una aplicación representativa de la monitorización en tiempo real, se enfoca a un desafío industrial importante y es lo suficientemente compleja como para necesitar el soporte tanto de una arquitectura de computación fog como de la nube.

Como resultado final de proyecto se dispone de prototipos de sistema capaces de monitorizar y visualizar en tiempo real el funcionamiento de motores eléctricos, tanto a nivel de laboratorio como de la planta industrial de producción de una de las empresas colaboradoras.

2.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

Se indica a continuación el grado de consecución de los objetivos planteados en el proyecto:

- 1) *Desarrollo de prototipos de las primeras fases de un sistema de mantenimiento predictivo de motores eléctricos para las plantas de producción de las empresas colaboradoras.*

Parcialmente cubierto, ya que está pendiente el despliegue en una de las empresas colaboradoras.

- 2) *Monitorización en tiempo real de motores eléctricos mediante red de sensores inteligente de bajo coste.*

Totalmente cubierto.

- 3) *Explotación temprana de los resultados de la monitorización de los motores mediante la detección de anomalías de funcionamiento y la generación de las correspondientes alertas como ayuda a la toma de decisiones por parte de los técnicos de mantenimiento.*

No cubierto por falta de un conjunto de datos significativo.

2.3 Tareas realizadas

Se indican a continuación las tareas realizadas de las originalmente planificadas en la solicitud del proyecto.

Tarea 1: Definición de datos a monitorizar, preprocesamiento de datos y comunicación sensores-gateways

Duración: Marzo 2019

Participantes: Equipo Investigador

Tarea 2: Programación de módulos multisensor y gateways

Duración: Abril-Mayo 2019

Participantes: Becario

Tarea 3: Montaje y pruebas del prototipo de laboratorio

Duración: Junio-Agosto 2019

Participantes: Becario

Tarea 4: Montaje y pruebas de los prototipos en CAPSA y ArcelorMittal

Duración: Septiembre-Noviembre 2019

Participantes: Todos

Tarea 5: Visualización de los datos capturados

Duración: Septiembre- Noviembre 2019

Participantes: Becario

Tarea 6: Selección de algoritmos de detección de anomalías de funcionamiento

Duración: Sin realizar debido a la falta de un conjunto representativo de datos

Tarea 7: Implementación y pruebas de detección de anomalías y generación de alertas

Duración: Sin realizar debido a la falta de un conjunto representativo de datos

Tarea 8: Documentación y difusión de los resultados

Duración: Diciembre 2019

Participantes: Todos

2.4 Resultados obtenidos

Se indican a continuación los principales resultados obtenidos relativos a cada uno de los objetivos del proyecto:

1) *Desarrollo de prototipos de las primeras fases de un sistema de mantenimiento predictivo de motores eléctricos para las plantas de producción de las empresas colaboradoras.*

Se han cubierto las dos primeras fases planificadas en el proyecto:

- Diseño de la red de sensores inteligentes para monitorización en tiempo real de los motores.
- Montaje de prototipo en laboratorio con un sensor monitorizando un motor de baja potencia.
- Estudio de las vibraciones de motores eléctricos en los dominios del tiempo y la frecuencia.
- Comparación de latencias al procesar los datos tanto en el sensor como en el gateway.
- Montaje del prototipo en una de las empresas colaboradoras (CAPSA Food) con dos bombas monitorizadas dentro de sus respectivas líneas de esterilización de leche.
- Visualización de los datos capturados en los dominios del tiempo y la frecuencia.

Los sensores utilizados, disponibles al inicio del proyecto, han resultado ser poco fiables, al menos en el entorno industrial. Tras algunas horas de funcionamiento los sensores dejaban de funcionar hasta reiniciarlos y como consecuencia de ello no ha podido obtenerse un conjunto de datos significativo. Al final de año se han podido adquirir nuevos sensores con la financiación del otro proyecto referenciado al final de esta memoria. Los nuevos sensores no solo incorporan mayores prestaciones, sino también un mayor grado de protección frente a las condiciones ambientales. Se espera que con los nuevos sensores adquiridos se puedan solucionar los problemas encontrados con los anteriores y de esta forma poder completar el *dataset*.

- 2) *Monitorización en tiempo real de motores eléctricos mediante red de sensores inteligente de bajo coste.*

Se ha cubierto la fase de visualización de datos planificada en el proyecto, generando automáticamente gráficas con las variables monitorizadas en tiempo real dentro de la plataforma ThingSpeak.

- 3) *Explotación temprana de los resultados de la monitorización de los motores mediante la detección de anomalías de funcionamiento y la generación de las correspondientes alertas como ayuda a la toma de decisiones por parte de los técnicos de mantenimiento.*

Este objetivo no ha podido ser cubierto por falta de datos suficientes. Se está trabajando actualmente con los nuevos sensores con el objetivo de generar un conjunto de datos significativo que permita dar comienzo a la fase de detección de anomalías y generación de alertas.

2.5 Trabajos o necesidades futuras

La compra de nuevos sensores ha sido completamente cubierta con la financiación proporcionada por el otro proyecto referenciado al final de esta memoria. Queda pendiente la realización de las tareas 6 y 7 planteadas al inicio de este proyecto, para lo cual se planteará una nueva propuesta de proyecto a la convocatoria 2020 de proyectos del IUTA que permita financiar la contratación de un nuevo becario. En caso de aprobación de la nueva propuesta la continuidad del proyecto quedaría garantizada con la incorporación del anterior becario al nuevo equipo de investigación solicitante.

2.6 Divulgación de los resultados (publicaciones, artículos, ponencias...)

Todos los resultados alcanzados se han publicado en dos congresos internacionales relevantes:

- 1) L. Magadán, F.J. Suárez, J.C Granda, D.F. García, **Low-cost real-time monitoring of electric motors for the Industry 4.0**, 1st International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing 2019 (ISM 2019), Rende (Italia), November 2019.

Impacto de la publicación: Proceedings publicados por Elsevier

- 2) L. Magadán, F.J. Suárez, J.C Granda, D.F. García, **Real-time monitoring of electric motors for detection of operating anomalies and predictive maintenance**, 10th EAI International Conference on Sensor Systems and Software (S-CUBE 2019), Braga (Portugal), December 2019.

Impacto de la publicación: Proceedings publicados por Springer

3. MEMORIA ECONÓMICA

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-19-GIJÓN-18	2900 €			
Otras fuentes	Referencia proyecto/contrato	PAPI-19-EMERG-18	6000 €		
Estudiante con ayuda a la investigación	Nombre	Luis Magadán Cobo			
	Tareas	1-5			
	Período	Junio-Octubre 2019			

4. OTROS PROYECTOS Y CONTRATOS CON FINANCIACIÓN EXTERNA

Título del proyecto/contrato	DETECCIÓN DE ANOMALÍAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES ELÉCTRICOS MEDIANTE MONITORIZACIÓN EN TIEMPO REAL
Referencia	PAPI-19-EMERG-18
Investigador/a/es principal/es	Francisco José Suárez Alonso
Equipo investigador	Juan Carlos Granda Candás José María López López
Periodo de vigencia	2019
Entidad financiadora	Universidad de Oviedo
Cantidad subvencionada	6000 € (SIN gastos de personal)