

Mobile Sensing Architecture for Air Pollution Monitoring

El crecimiento industrial ha acarreado grandes avances tecnológicos para nuestra sociedad. Lamentablemente, el precio a pagar por estos avances ha sido un aumento significativo de los niveles de contaminación del aire en todo el mundo, afectando tanto a zonas urbanas como a las zonas rurales. Hoy en día, la monitorización de la calidad del aire se ha convertido en un aspecto muy relevante no solo en las ciudades, sino también en los entornos rurales ya que afecta directamente a las personas, a los cultivos, y en general a ecosistemas y vida de diversos animales. Para abordar con éxito el problema de la contaminación se deben buscar diferentes soluciones que permitan medir la calidad del aire en todos estos entornos.

Por lo general, la monitorización de la calidad del aire se realiza mediante estaciones de monitorización fijas. Sin embargo, este método es demasiado costoso, poco escalable y difícil de implementar en nuestras ciudades, las cuales están cada vez más pobladas. El uso de Mobile CrowdSensing (MCS), paradigma en el cual la monitorización se realiza por los propios usuarios, se convierte en una de las estrategias más prácticas en la actualidad debido a que se puede desplegar de manera relativamente rápida, sencilla y eficiente en cualquier lugar, simplemente instalando un pequeño sensor en cualquier tipo de vehículo.

En cuanto al uso generalizado de sensores móviles de contaminación ambiental integrados en vehículos, los posibles escenarios se pueden dividir en dos: entornos urbanos, donde hay un amplio conjunto de vehículos disponibles, y entornos rurales o industriales, donde el tráfico vehicular es escaso y está limitado a las principales arterias de transporte.

Teniendo en cuenta estos dos escenarios, esta tesis propone una arquitectura, llamada EcoSensor, que permite monitorizar la contaminación del aire utilizando pequeños sensores de bajo coste instalados en diferentes tipos de vehículos, tales como bicicletas, automóviles o autobuses del sistema de transporte público, en el caso de entornos urbanos, y en drones o UAS (Unmanned Aircraft Systems) en entornos rurales.

La arquitectura propuesta está compuesta por tres componentes: un sensor de bajo coste para capturar datos de contaminación, un smartphone para realizar un preprocesamiento de la información y para transmitir los datos hacia un servidor central, y el servidor central, encargado de almacenar y procesar la información de contaminación ambiental.

Para entornos urbanos, analizamos diferentes alternativas con respecto al diseño de una unidad de monitorización (sensor móvil) de bajo coste basada en plataformas de prototipado comerciales como Raspberry Pi o Arduino, junto con sensores también de precio reducido.

En la tesis realizamos un análisis, y proponemos un proceso, para llevar a cabo la monitorización ambiental utilizando la arquitectura propuesta. Este proceso abarca cuatro operaciones básicas: captura de datos, conversión de unidades, reducción de la variabilidad temporal, e interpolación espacial.

Para entornos rurales, proponemos el uso de drones (UAV) como unidades de sensorización móviles. Específicamente, equipamos el drone con capacidades

de monitorización a través de un microordenador Raspberry Pi y sensores de calidad del aire de bajo coste.

Finalmente, se propone un algoritmo llamado PdUC (Pollution-driven UAV Control) para controlar el vuelo del UAV con el objetivo de realizar monitorización ambiental, identificando las áreas más contaminadas, y tratando de ese modo de mejorar la precisión general y la velocidad de monitorización. Además, proponemos una mejora a este algoritmo, denominada PdUC-D (Discretized PdUC), basada en la discretización del área a monitorizar dividiéndola en pequeñas áreas (tiles), donde cada tile se monitoriza una sola vez, evitando así realizar muestreos redundantes.

En general, verificamos que la monitorización móvil es una aproximación eficiente y fiable para monitorizar la contaminación del aire en cualquier entorno, ya sea usando vehículos o bicicletas en entornos urbanos, o UAV en entornos rurales. Con respecto al proceso de monitorización ambiental, validamos nuestra propuesta comparando los valores obtenidos por nuestros sensores móviles de bajo coste con respecto a los valores típicos de referencia ofrecidos por las estaciones de monitorización fijas para el mismo período y ubicación, comprobando que los resultados son semejantes, y están acuerdo a lo esperado. Además, demostramos que PdUC-D, permite guiar autónomamente un UAV en tareas de monitorización del aire, ofreciendo un mejor rendimiento que los modelos de movilidad típicos, reduciendo tanto los errores de predicción como el tiempo para cubrir el área completa, y logrando una mayor precisión dentro de las áreas más contaminadas.