

SISTEMA IOT PARA EL CONTROL DE AFORO EN UN AMBIENTE UNIVERSITARIO



Tutor:

Danny Alexandro Múnera Ramírez - danny.munera@udea.edu.co

Ejecutores:

Daniel Esteban Burbano Argoty - esteban.burbano@udea.edu.co

Santiago Escobar Casas - santiago.escobar8@udea.edu.co

2508103 - Proyecto Integrador I - Grupo 14

Universidad de Antioquia

Departamento de Ingeniería de Sistemas

2021-1

Resumen

En el año 2019, en el lado oriente del globo, surgió un virus, que por su taxonomía, y fecha en la cual se registró, se denominó Covid-19; virus que se extendió rápidamente a varios países, afectando la salud, la economía y la sociedad. Una de las principales características de este virus que aún está en estudio, es que se propaga a través del contacto cercano de persona a persona, ya que al ser afectado un individuo, el virus invade sus vías aéreas, que están en constante interacción con el medio cercano, intercambiando partículas. Por esta razón, mundialmente se empezaron a tomar medidas para prevenir la propagación y posterior índice de fatalidad provocado por el virus. Unas de las medidas adoptadas masivamente fueron: aislamiento total, la migración de las actividades cotidianas y en su mayoría presenciales, a la virtualidad, y posteriormente fue el distanciamiento social, en espacios públicos o de alta concentración de individuos.

Teniendo en cuenta la necesidad de determinadas comunidades de interactuar presencialmente, el distanciamiento social se convirtió en una medida de bioseguridad importante para disminuir de manera colaborativa la propagación del covid-19. Para implementar esta medida es necesario tener un debido monitoreo y control sobre el número de personas que se encuentran en un determinado lugar, aumentando su importancia cuando el lugar es limitado; llevando esto a que el control de aforo se convirtiera en pieza clave al momento de acceder a un espacio con alto flujo de individuos y permitiéndonos así delimitar el número máximo de personas que pueden estar en un lugar específico. Esto con el objetivo de controlar el acceso de más personas a estos espacios cuando la capacidad total del mismo se ha completado y así, ayudar a evitar la probabilidad de contagio por la cercanía de individuos.

Una de las más grandes comunidades con necesidad de actividades presenciales, es la que comprende el ambiente de aprendizaje, de la universidad de Antioquia. La universidad decidió suspender las actividades presenciales, teniendo en cuenta la implementación de las medidas de bioseguridad dadas por el gobierno Colombiano -estando entre estas el distanciamiento social-, ya que muchos de los espacios físicos no cuentan con las especificaciones necesarias para mantener un distanciamiento social y así, disminuir el riesgo de contagio. Es por ello que como objetivo de este proyecto integrador se plantea desarrollar un sistema de monitoreo de aforo en los espacios de la Universidad de Antioquia que permita cumplir con los requerimientos establecidos en los protocolos de bioseguridad, y la aceptación de la comunidad universitaria, utilizando tecnologías basadas en el Internet de las Cosas.

Palabras clave: Covid-19, Control de aforo, Internet de las cosas (IoT), Ambiente universitario.

Planteamiento del problema

En marzo del año 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declara pandemia por coronavirus -covid-19-, llevando esto a proclamar estado de emergencia a nivel mundial, y que a nivel de país (Colombia) y de ciudad (Medellín) se diera el cese de toda actividad académica y

social de carácter presencial. El covid 19 es un virus altamente contagioso que ataca y afecta principalmente al sistema respiratorio, se manifiesta a través de características que pueden ir desde estado asintomático, hasta el síndrome de dificultad respiratoria aguda y el síndrome de disfunción orgánica múltiple; su transmisión se da principalmente de persona a persona a través de la propagación de gotitas de saliva que se dispersan por medio del estornudo o la tos, así como por el contacto directo o indirecto con superficies infectadas [1]

Debido a la alta tasa de contagios y a lo rápido que se estaba propagando el virus, se empezaron a implementar a nivel mundial una serie de medidas para la prevención y disminución en los casos de contagio, entre estas medidas se encontraban el uso de tapabocas o mascarillas, el lavado y/o desinfección de manos y el distanciamiento social. El distanciamiento social es una medida que consiste en “aumentar deliberadamente el espacio físico entre las personas para evitar la propagación de una enfermedad” [2]. Existen varios ejemplos de distanciamiento social que se llevaron a cabo durante la cuarentena, como son el trabajo desde la casa y no desde la oficina, la implementación de clases virtuales y cierre de colegios y universidades, y/o el cancelar, posponer o realizar de manera virtual reuniones con un público grande.

El distanciamiento social se convirtió en la medida más importante para disminuir de manera comunitaria la propagación del covid-19, llevando esto a que, en el caso de ambientes universitarios, fuera necesario suspender todo tipo de actividad de carácter presencial, y llevarlas a cabo a través del uso de herramientas virtuales como el trabajo en casa, clases y encuentros por plataformas virtuales, etc. En la situación específica de la Universidad de Antioquía, las actividades de carácter presencial fueron suspendidas el 15 de marzo del año 2020, esto debido a la implementación de las medidas de bioseguridad dadas por el gobierno Colombiano, entre las cuales se encuentra el uso restrictivo de espacios físicos debido a que no cuentan con las especificaciones necesarias para el distanciamiento social [3].

Así mismo, cabe mencionar el hecho de que la mayoría de los espacios de la universidad no cuentan con una tecnología hábil que permita controlar el número de personas que pueden estar dentro de un recinto o aula de clases (control de aforo), llevando esto a que sea más complejo poder implementar las medidas de bioseguridad expuestas anteriormente y que se haga más complicado el retorno a las actividades de carácter presencial.

El control de aforo es una de las medidas más importantes que se han llevado a cabo para el distanciamiento social, este consiste en el uso de herramientas que permiten “(...)determinar el número máximo de personas que puede acceder a una determinada zona o lugar, con el objetivo de impedir el acceso de nuevas personas a dicho espacio, cuando el aforo del mismo se haya completado” [4].

El control de aforo se hace de manera manual o automática, en el caso del control de aforo manual, este se da a través del conteo que realiza un personal específico, haciendo uso de recursos humanos; en el caso del control de aforo automático, este se da a partir de la implementación de una serie estrategias de uso tecnológico que permiten realizar un conteo de las personas que ingresan o salen del espacio a través del uso de herramientas como pueden

ser cámaras, sensores, haz de láser o infrarrojo, así como otros enfoques más indirectos. En esta línea, es necesario reconocer que la mayoría, sino todas, las herramientas que se utilicen, sean manuales o automáticas, presentan problemas de fiabilidad bajo diversas condiciones. En el caso del uso de recursos humanos, aunque pueda llegar a ser la opción más económica, en circunstancias como las actuales es ineficiente debido a que está predispuesto a errores humanos y de cierta manera pone en riesgo a las personas que se encuentren cumpliendo con esta labor. Para el caso del uso automático, muchas de las herramientas que se pueden utilizar son poco fiables debido a la dificultad misma del problema.

Por otra parte, en [1] mencionan actualmente una multitud de enfoques tecnológicos que están empezando a ser usados para afrontar los impactos de la pandemia causada por el covid-19, entre los que se incluyen IoT, Inteligencia artificial, blockchain, robótica, 5G; todos estos enfoques pueden desarrollar un papel fundamental en la lucha contra el covid 19, existiendo ya una exploración desde el IoT que va desde el uso de sensores y cámaras, hasta el uso de wearables que para un caso en específico permiten tener un conteo de las personas que ingresan a determinado espacio y las cuales son mencionadas más a profundidad en párrafos siguientes. Para este caso en específico, nos orientaremos por soluciones de este tipo para desarrollar un sistema de control de aforos para ambientes universitarios, más específicamente en la Universidad de Antioquía, teniendo en cuenta el contexto y las particularidades para que pueda ser implementable (costo, restricciones culturales y sociales, fiabilidad).

Revisión bibliográfica

Tal y como es mencionado en [5], es posible clasificar los sistemas de detección de ocupación o de aforo, dependiendo de la necesidad de usar o no un dispositivo terminal -en este contexto un dispositivo terminal hace referencia a un instrumento que llevan consigo las personas-; en el caso de los métodos que requieren un dispositivo terminal (teléfonos inteligentes, wearables o tarjetas), se hace uso de tecnologías y sistemas como WiFi, Bluetooth, GPS o RFID, con el fin de poder identificar la ocupación de un espacio. Por otro lado, en el caso de los sistemas que no requieren el uso de dispositivos terminales, la funcionalidad se centra en medir o monitorear el ambiente haciendo uso de cámaras o de sensores ambientales.

Al realizar una búsqueda de literatura en cuanto al control de aforo, se encontraron diferentes enfoques, que pueden ser clasificados utilizando el esquema mencionado anteriormente.

Sistemas sin uso de dispositivo terminal

Entre los sistemas que no necesitan dispositivo terminal encontramos: que en [6] utilizan una detección pasiva de campo eléctrico para realizar la tarea de determinar si un recinto cerrado tiene personas adentro o no; en [7] proponen un conjunto de nodos en los que están reunidos varios sensores entre ellos de temperatura, humedad, luminosidad, movimiento, sonido y gases, para, a partir de la información proveída, entrenar un modelo de machine learning y detectar así la ocupación o no de un espacio. En los dos ejemplos anteriores el problema se reduce

principalmente en conocer si los espacios se encuentran ocupados o no, más no en proporcionar un conteo específico del número de personas que se encuentran en el espacio.

En esta misma línea, en [8] presentan también un conjunto de nodos en los que se unifican varios sensores, a parte de los de luz y de humedad, se encuentran también magnetómetro, acelerómetro, giroscopio; así mismo, recolectan algunos datos manualmente, en este caso alimentan un algoritmo de machine learning y lo convierten en un problema multiclase. Otro enfoque indirecto es posible evidenciarlo en [9], en el cual se estima la ocupación por medio de un sistema que mide las vibraciones estructurales haciendo uso de un geófono, siendo estos transductores de desplazamiento que pueden convertir el movimiento en señales eléctricas.

Por otra parte, en [10] plantean medir la ocupación de un salón de clases, en este caso ellos evaluaron tres alternativas, las cuales eran, contador de haz infrarrojo (beam sensor), una cámara para contabilizar a las personas y un sensor térmico de techo, debido a las restricciones de su dominio, finalmente utilizaron el beam; de este proyecto podemos basarnos un poco, debido a que también se centra en el ámbito de un salón de clases universitario, con ventajas como: relativamente bajo costo, facilidad de instalación, buena exactitud y alta protección de la privacidad.

Así mismo, en [11] plantean monitorear el aforo -ocupación de un salón de clases-, en este caso utilizando cámaras, junto con otros sensores. El problema que se reconoce al momento de aplicar algo parecido a lo planteado en este caso, sería el problema de privacidad que puede generar el uso de cámaras en este tipo de espacios.

Sistemas con uso de dispositivo terminal

En otra línea, en el lado de mediciones usando dispositivos terminales hay prácticas tales como la propuesta en [12], donde se realiza el conteo de aforo utilizando las señales wi-fi que emiten los teléfonos móviles de las personas; o la que se expone en [13] en la cual utilizan wearables que cuentan con RFC y bluetooth, donde la persona al ingresar a un recinto acerca el dispositivo a una terminal que se encuentre en la entrada, llevando esto a que el wearable pase de un estado de bajo consumo, a un estado activo, y que desde ese momento periódicamente haga un censo de aquellos dispositivos que se encuentran a su alcance, finalmente, cuando alguien sale del recinto, y debido a que el wearable no recibe señales durante de un periodo de tiempo determinado, vuelve a un estado de bajo consumo de energía.

Los sistemas anteriormente expuestos son sólo algunos de los casos que se puede encontrar para dar solución al control de ocupación, en nuestro caso el reto se encuentra en escoger un enfoque que sea factible debido a las restricciones mencionadas anteriormente, como son: el costo, la privacidad, la actualización en tiempo real y la aceptación por parte del público. Es teniendo en cuenta los tipos de contextos -tanto sociales como universitarios, en los cuales se van a llevar a cabo nuestro proyecto- que se debe desarrollar la estrategia de abordaje, debido a que no todos los contextos cuentan con características similares y cada uno tiene sus particularidades.

Objetivo general y objetivos específicos

General

- Desarrollar un sistema de monitoreo de aforo en los espacios de la Universidad de Antioquia que permita cumplir con los requerimientos establecidos en los protocolos de bioseguridad, utilizando tecnologías basadas en el Internet de las Cosas.

Específicos

1. Definir los requerimientos de un sistema de monitoreo de aforo de acuerdo a las condiciones sociales, económicas y culturales de la UdeA.
2. Identificar las posibles tecnologías para la implementación del sistema que cumplan los requerimientos del contexto especificados anteriormente, valiéndonos de la revisión bibliográfica.
3. Diseñar la arquitectura general del sistema tal que asegure el funcionamiento de la tecnología IoT en cuanto a hardware y software.
4. Implementar un prototipo que incorpore las principales funcionalidades para lograr un producto mínimo viable.
5. Validar el funcionamiento del prototipo en un ambiente controlado.

Metodología

En este proyecto se desarrollará una metodología basada en actividades, la idea es dividir cada objetivo específico en tareas concretas y verificables.

OE1: Definir los requerimientos de un sistema de monitoreo de aforo de acuerdo a las condiciones sociales, económicas y culturales de la UdeA.

T1: Desarrollar una revisión bibliográfica relacionada a sistemas de monitoreo de aforo.

T2: Identificar las condiciones sociales, económicas y culturales de la Universidad de Antioquia que tengan afectación en el sistema a desarrollar.

T3: Definir los requerimientos basados en las revisiones bibliográficas realizadas inicialmente.

OE2: Identificar las posibles tecnologías para la implementación del sistema que cumplan los requerimientos del contexto especificados anteriormente, valiéndonos de la revisión bibliográfica.

T1: Realizar un sondeo dirigido a algunos integrantes de la comunidad universitaria con el objetivo de conocer la aceptación o no de las diferentes alternativas de implementación.

T2: Seleccionar la o las tecnologías que serán usadas para la implementación del sistema.

En los objetivos específicos tres, cuatro y cinco se hará uso de metodologías para proyectos de desarrollo ágiles, en este caso SCRUM.

OE3: Diseñar la arquitectura general del sistema tal que asegure el funcionamiento de la tecnología IoT en cuanto a hardware y software.

T1: Identificar los tipos de sensores a usar

T2: Definir la arquitectura en contexto de IoT (diagramas)

T3: Seleccionar las plataformas que permitan la realización del proyecto.

T4: Diseñar los lineamientos del desarrollo del software en el sistema.

OE4: Implementar un prototipo que incorpore las principales funcionalidades para lograr un producto mínimo viable.

T1: Implementar el diseño del hardware que se utilizará para la puesta en marcha del sistema.

T2: Desarrollar los módulos de software propuestos, tal que permitan la funcionalidad del sistema.

T3: Desarrollar pruebas de funcionamiento de los diferentes componentes del sistema conforme se desarrollan e implementan.

OE5: Validar el funcionamiento del prototipo en un ambiente controlado.

T1: Instalar el prototipo en un contexto que simula las condiciones del ambiente para el que se plantea el sistema.

T2: Verificar el correcto funcionamiento del sistema completo.

Cronograma

[illegible]

[illegible]

Tabla 1: Cronograma del proyecto

Presupuesto global

Rubros	Fuentes		Total
	UdeA	Recursos propios	
Personal			
Asesor: 2 horas (COP \$50.000 c/u) semanales durante 16 semanas	COP \$1.600.000		COP \$1.600.000
Dos ejecutores: 8 horas (COP \$25.000 c/u) semanales durante 16 semanas		COP \$6.400.000	COP \$6.400.000
Insumos			
Arduino Uno Rev3 (Dos unidades)	COP \$160.000		COP \$160.000
Raspberry Pi 4B	COP \$250.000		COP \$250.000
ESP32 (Dos unidades)	COP \$80.000		COP \$80.000
Sensores varios	COP \$300.000		COP \$300.000
Licencias			
Acceso a artículos de bases de datos bibliográficas.	COP \$1.000.000		COP \$1.000.000
Otros			
Servicios públicos		COP \$160.000	COP \$160.000
Conectividad		COP \$160.000	COP \$160.000
Mobiliario		COP \$1.000.000	COP \$1.000.000
Equipos de cómputo: Dos ThinkCentre M710e SFF (COP \$3.294.900 con una devaluación de COP \$12.000 c/u.)	COP \$24.000		COP \$24.000
Total			COP \$11.134.000

Tabla 2: Presupuesto del proyecto

Bibliografía

- [1] V. Chamola, V. Hassija, V. Gupta, and M. Guizani, "A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing its Impact," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 90225–90265, 2020.
- [2] "COVID-19 What is Social Distancing and Self Quarantine?," Johns Hopkins Medicine. Accessed: Mar. 19, 2021. [Online]. Available: https://www.hopkinsmedicine.org/patient_care/_documents/language-services/Social_Distancing_English.pdf.
- [3] "La UdeA suspende clases presenciales." <http://bit.ly/2UeC66e> (accessed Mar. 21, 2021).
- [4] "Solución para el control de aforos," Omega Compañía de Seguridad . Accessed: Mar. 19, 2021. [Online]. Available: <https://grupo-omega.es/wp-content/uploads/2020/05/SOLUCIO%CC%81N-PARA-CONTROL-DE-AFOROS-COVID-19.pdf>.

- [5] B. Abade, D. Perez Abreu, and M. Curado, "A Non-Intrusive Approach for Indoor Occupancy Detection in Smart Environments," *Sensors*, vol. 18, no. 11, Nov. 2018, doi: 10.3390/s18113953.
- [6] X. Tang and S. Mandal, "Indoor Occupancy Awareness and Localization Using Passive Electric Field Sensing," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 68, no. 11, pp. 4535–4549, Nov. 2019.
- [7] A. Parise, M. A. Manso-Callejo, H. Cao, M. Mendonca, H. Kohli, and M. Wachowicz, "Indoor Occupancy Prediction using an IoT Platform," in *2019 Sixth International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)*, Oct. 2019, pp. 26–31.
- [8] R. Adeogun, I. Rodriguez, M. Razzaghpour, G. Berardinelli, P. H. Christensen, and P. E. Mogensen, "Indoor Occupancy Detection and Estimation using Machine Learning and Measurements from an IoT LoRa-based Monitoring System," in *2019 Global IoT Summit (GloTS)*, Jun. 2019, pp. 1–5.
- [9] S. Pan, M. Mirshekari, J. Fagert, C. Ruiz, H. Y. Noh, and P. Zhang, "Area Occupancy Counting Through Sparse Structural Vibration Sensing," *IEEE Pervasive Comput.*, vol. 18, no. 1, pp. 28–37, Jan. 2019.
- [10] T. Sutjarittham, H. H. Gharakheili, S. S. Kanhere, and V. Sivaraman, "Realizing a Smart University Campus: Vision, Architecture, and Implementation," in *2018 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)*, Dec. 2018, pp. 1–6.
- [11] F. Paci, D. Brunelli, and L. Benini, "0, 1, 2, many—A classroom occupancy monitoring system for smart public buildings," in *Proceedings of the 2014 Conference on Design and Architectures for Signal and Image Processing*, 2014, pp. 1–6.
- [12] B. S. Ciftler, S. Dikmese, I. Guvenc, K. Akkaya, and A. Kadri, "Occupancy Counting With Burst and Intermittent Signals in Smart Buildings," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 724–735, 2018, doi: 10.1109/jiot.2017.2756689.
- [13] T. M. Fernández-Caramés, I. Froiz-Míguez, and P. Fraga-Lamas, "An IoT and Blockchain Based System for Monitoring and Tracking Real-Time Occupancy for COVID-19 Public Safety," *Engineering Proceedings*, vol. 2, no. 1, p. 67, Nov. 2020, Accessed: Mar. 19, 2021. [Online].