

## **Evaluación de un sistema wifi híbrido para la ubicación en interiores mediante la intensidad de la señal (RSSI) y la trilateración entre dispositivos IoT**

Piero Angello Millones-Fache

La presente investigación abarcó la problemática del GPS, la cual es hallar el posicionamiento en entornos de interiores mediante redes inalámbricas. Se emplearon diversas técnicas como *path-loss*, trilateración, RSSI, regresión lineal, *smoothing filter*. Finalmente, se consiguió un sistema híbrido capaz de obtener la posición de un objeto con base en las posiciones de los sensores que se estén utilizando.

### **Evaluation of a Hybrid Wi-Fi Indoor Positioning System Using Received Signal Strength Indicator (RSSI) and Trilateration Between IoT Devices**

The present research addressed a GPS problem, which is to find an indoor positioning through wireless networks. Various techniques such as path loss, trilateration, RSSI, linear regression and smoothing filters were used. Finally, a hybrid system capable of obtaining the position of an object based on the positions of sensors being used was achieved.

# Evaluación de un sistema wifi híbrido para la ubicación en interiores mediante la intensidad de la señal (RSSI) y la trilateración

entre dispositivos IoT  
 Piero Angello Millones-Fache  
 20152093@aloe.ulima.edu.pe

## Resumen

La presente investigación abarcó la problemática del GPS, que consiste en hallar el posicionamiento en entornos de interiores mediante redes inalámbricas. Se empleó diversas técnicas, como path-loss, trilateración, RSSI, regresión lineal y smoothing filter. Finalmente, se consiguió un sistema híbrido capaz de obtener la posición de un objeto en base a las posiciones de los sensores que se estén utilizando.

## Introducción

- La herramienta más utilizada para el posicionamiento es el GPS. Sin embargo, este tiene una deficiencia en entornos de interiores debido a las interferencias de las edificaciones (Sadowski y Spachos, 2018).
- Según la investigación realizada por Abdulkarim et al. (2019), se empleó un sistema de posicionamiento en interiores mediante wifi utilizando las herramientas que nos provee nuestro celular como el giroscopio, la conexión wifi. Se empleó este mecanismo para obtener una mejor precisión al momento de hallar la posición del objeto.
- Según Gabriel et al. (2018), investigaron que la manera de emplear un sistema de posicionamiento en interiores es la utilización de redes inalámbricas y de técnicas basadas en la distancia como la triangulación, trilateración y fingerprinter.

## Metodología

La metodología empleada consta de 3 fases generales:

### Primera fase:

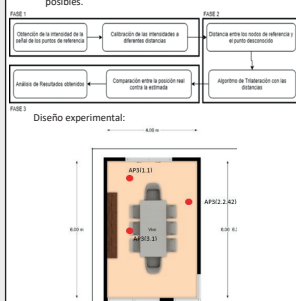
- Se realizó y programó el código (sensores).
- Se calibró los sensores para la obtención de la distancia en base al path-loss con la regresión lineal.

### Segunda fase:

- Se tomó las distancias entre los nodos con el nodo a ubicar.
- Se realizó el algoritmo de trilateración con dichas distancias obtenidas.

### Tercera fase:

- Se realizó una comparación con las ubicaciones reales contra las ubicaciones estimadas del sistema.
- Se analizó los resultados y se realizó las mejoras posibles.



## Resultados

### Fase 1:

- Se realizó el código y se subió en los sensores. Con la regresión lineal Least Square Curve Fit se obtuvo:  $d = 10 * ((r + RSSI) / (10 * n))$ . Esta medición se realizó por cada uno de los sensores y se obtuvieron las siguientes constantes. (Se realizaron 100 tomas por sensor).

Tabla 1. Constantes halladas después de la regresión

Indicador	AP1	AP2	AP3
A	0,0058	0,0108	0,0176
n	-0,11	-0,1	-0,084
R2	0,7759	0,7417	0,4369

Fuente: Elaboración Propia

### Fase 2:

- Se realizó una toma de distancia y las coordenadas, y se empleó la trilateración.

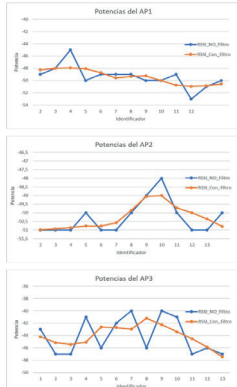
Tabla 1. Distancia Reales vs. distancias Estimadas con el error entre ejes (metros)

Posición Real (x,y)	Posición Estimada (x,y)	Error Posición(x)	Error Posición(y)
(1,2)	(1,55:1,9)	0,53	0,1
(1,3)	(1,54:2,98)	0,54	0,02
(2,3)	(1,2:2,8)	0,8	0,2
(2,2)	(1,76:2,33)	0,24	0,33
(2,1)	(1,9:0,8)	0,1	0,2
(3,2)	(3,47:2,36)	0,47	0,36
(3,3)	(2,93:3,15)	0,07	0,15

Fuente: Elaboración Propia

### Fase 3:

- Se implementó el filtro smoothing signal para normalizar las intensidades



## Resultados

### Fase 3:

- Comparación entre las distancias obtenidas y las distancias físicas del escenario.

Tabla 1. Distancia Real vs. distancia Estimada con el error

	RSSI	Distancia Estimada(m)	Distancia Real(m)	Error (m)
AP1	-49	1,27	1,3	0,03
	-56	2,75	2	0,75
	-55	2,46	2,4	0,06
	-40	0,47	1	0,53
	-40	0,47	1	0,53
AP2	-53	1,97	2	0,03
	-51	1,58	1,7	0,12
	-50	1,6	1,8	0,2
	-52	1,96	2,4	0,44
	-56	0,8	1	0,2
AP3	-43	0,8	1,2	0,4
	-49	1,45	1	0,45
	-54	2,39	2,5	0,11
	-54	2,39	2,4	0,01
	-44	0,71	0,8	0,09
AP3	-37	0,39	0,5	0,11
	-50	1,17	0,6	0,57
	-59	2,5	2,7	0,2
	-51	1,29	1,2	0,09
	-53	0,28	0,4	0,12
-40	0,51	0,7	0,19	

Fuente: Elaboración Propia

## Conclusiones

- Se implementó y creó un sistema alternativo para el posicionamiento en interiores utilizando la intensidad de la señal por medio del wifi.
- Asimismo, se pudo realizar un sistema con un presupuesto mínimo y accesible.
- Finalmente, se llegó a cumplir el objetivo principal de crear un sistema híbrido para ambientes de interiores y que sea factible en cualquier ámbito de interiores utilizando la metodología propuesta en este trabajo de investigación.

## Trabajos futuros y recomendaciones

- El sistema propuesto se tendría que seguir probando en ambientes más grandes, es decir, con más cuartos en el escenario.
- Se estima que con el aumento de sensores en el sistema, el error de dicho sistema disminuirá en un gran porcentaje.
- La utilización de filtros más robustos y complejos como el filtro de Kalman.
- Se recomienda utilizar el sistema con personas que estén transitando en el escenario.
- Asimismo, se estima que la posición en donde se coloquen los sensores será clave para que la interferencia obtenida reduzca o cambie.
- Finalmente, la creación de una aplicación amigable para el rastreo en tiempo real del objeto.

## Referencias

Abdulkarim, H. D., y Sarhang, H. (2019). Normalizing RSS Values of Wi-Fi Access Points to Improve an Integrated Indoor Smartphone Positioning Solutions. In *Proceedings of the 5th International Engineering Conference, IEC 2019* (pp. 171-176). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/IEC47844.2019.8950559>

Baral, S., Biswas, D., y Sau, B. (2018). Estimate distance measurement using NodeMCU ESP8266 based on RSSI technique. *2017 IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications, CAMA 2017, 2018-January* (December 2017), 170-173. <https://doi.org/10.1109/CAMA.2017.8273392>

Jaramillo, G. A., Andrés, J., y Naranjo, M. (2018). Análisis de las tecnologías utilizadas en sistemas de posicionamiento de interiores, 86. Retrieved from <http://dspace.ulima.edu.pe/bitstream/33000/10253/1/UDLA-EC-TI-RI-2018-26.pdf>

Maghdid, S. A., Maghdid, H. S., Hmásalah, S. R., Ghalloob, K. Z., Saáiq, A. S., y Khan, S. (2019). Indoor human tracking mechanism using integrated onboard smartphones Wi-Fi device and inertial sensors. *Telecommunication Systems, 74*(3), 447-458. <https://doi.org/10.1007/s11235-018-0517-2>

Sadowski, S., y Spachos, P. (2018). RSSI-Based Indoor Localization with the Internet of Things. *IEEE Access, 6*, 30149-30161. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2843325>

## Agradecimientos

Agradezco el apoyo de los profesores de la Universidad de Lima, ya que cada uno brindó a su manera su conocimiento para la realización de este trabajo de investigación. En especial a mi asesor Carlos Torres y a mi profesor del curso de tesis Daniel Cárdenas.

Asimismo, agradezco a mi familia por el empuje para terminar esta investigación y el apoyo emocional que siempre estuvo presente.

