



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE
LOCALIZACIÓN DE USUARIO EN UN AMBIENTE LOS EN LA
BANDA DE 28 GHz”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

GIOVANNI ANDRÉ CARBO VARGAS

JOSUÉ ALONSO MONTACHANA CHIMBORAZO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento para mis padres Jeovanny y Sonia por darme la vida, apoyo incondicional, ser una motivación vital para este logro y por todos los consejos que me han dado a lo largo de mi vida para formar un hombre de bien.

Agradezco a mis hermanas Johana y Laura por compartir sus alegrías en el transcurso de mi vida.

Agradezco a todos mis profesores que compartieron diversos conocimientos y anécdotas para ser un profesional competente.

Agradezco a mis amigos de aula que me brindaron su ayuda en algún momento en este proceso de carrera universitaria.

Giovanni André Carbo Vargas.

Agradezco a Dios y en especial a mis padres, quienes me brindaron su amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento, dándome fuerzas para continuar y seguir adelante hasta lograr todas mis metas.

Agradezco también a mis hermanos y amigos que de alguna u otra manera me brindaron su apoyo y buenos consejos a lo largo de mi carrera universitaria.

Finalmente agradezco a todos mis maestros que me impartieron sus conocimientos, y a su gran ayuda que me ayudó a culminar esta grandiosa etapa de mi vida.

Josué Montachana Chimborazo.

DEDICATORIA

A mis padres Jeovanny y Sonia que me han ofrecido sabios conocimientos para lograr mis metas y lo que me proponga, a mis hermanas Johana y Laura, a toda mi familia por sus consejos de nunca rendirse durante esta etapa de estudio.

Giovanni André Carbo Vargas

El presente proyecto lo dedico a mis padres Carlos y Magdalena quienes fueron mi mayor inspiración y mi fortaleza para continuar luchando día a día. A ellos les debo todo lo que tengo y lo que soy.

Josué Montachana Chimborazo.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....
MSc. Juan Carlos Avilés

PROFESOR EVALUADOR

.....
MSc. Víctor Asanza

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Giovanni André Carbo Vargas

.....
Josué Alonso Montachana Chimborazo

RESUMEN

En este proyecto se propone una alternativa de solución para el problema de localización un usuario en sistemas celulares que trabajan en la banda de 28 GHz. Esta aplicación es de particular interés ya que en la actualidad existen muchos servicios basados en la posición del usuario. El trabajo consiste en el diseño e implementación de un algoritmo matemático basado en el método de la trilateración para aproximar la posición del usuario considerando condiciones ideales en un ambiente con línea de vista (LOS). Se asume que la potencia de recepción tiene un componente aleatorio que sigue el comportamiento de una variable aleatoria normal o gaussiana. El algoritmo se implementó usando el programa computacional Matlab. Finalmente, los resultados obtenidos fueron los esperados ya que mediante las gráficas de la Función Probabilística de Distribución acumulada (CDF) obtenidas mediante la herramienta 'Distribution Fitting' de Matlab indican que la mayoría de los datos de las posiciones estimadas de los usuarios tienen una mínima diferencia en relación a los datos con las posiciones reales.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1	1
1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 Objetivo general y objetivos específicos.....	1
1.3.1 Objetivo general	1
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación del proyecto.....	2
1.5 Resultados esperados.....	2
CAPÍTULO 2.....	3
2. ASPECTOS TÉCNICOS.....	3
2.1 Antena	3
2.2 Directividad.....	4
2.2.1 Antenas omnidireccionales.....	4
2.3 Línea de vista	4
2.4 Modelo de propagación usado	5
2.4.1 Modelo Log-Distancia de pérdida de paso	5
2.5 Técnicas de estimación de distancias	6
2.5.1 Trilateración.....	6
2.5.2 Teorema de la bisectriz	7
2.5.3 Incentro.....	8
CAPÍTULO 3.....	9

3. CREACIÓN DEL ALGORITMO PARA LOCALIZAR USUARIOS EN LA BANDA DE 28GHZ.....	9
3.1 Implementación del algoritmo para localizar usuarios.....	9
3.2 Resultados.....	13
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXOS.....	24

CAPÍTULO 1

1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Antecedentes.

En el constante crecimiento del uso de dispositivos celulares de gama alta y media han provocado un aumento considerable en la inclinación para localizar un usuario móvil. Muchas empresas tienen la necesidad de ofrecer sus productos o servicios para clientes potenciales cercanos a ellos, provocando que estos dispositivos móviles sean el medio oportuno para presentar dichos servicios, ya sea en él envío de publicidad, búsqueda de dispositivos perdidos hasta seguimiento por intervalo de tiempo. En consecuencia, existe un enorme interés en la provisión de una gran cantidad de servicios basados en la posición del usuario por lo que su determinación se convierte en un tema de interés investigativo.

1.2 Problema a resolver

La localización de un usuario móvil usando los valores de potencia de recepción es un proceso complejo debido principalmente a la aleatoriedad de la potencia recibida del dispositivo en función de su distancia con respecto a las antenas transmisoras.

Dado tres estaciones de base, se propone diseñar e implementar un algoritmo que estime la posición de un usuario en la banda de frecuencia de 28 GHz bajo condiciones ideales con línea de vista (LOS). Los enlaces sin línea de vista no están dentro del alcance del presente proyecto.

1.3 Objetivo general y objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un algoritmo para localizar un usuario en un ambiente de línea de vista en la banda de 28GHz. Usando la plataforma Matlab.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Calcular la ubicación de un usuario mediante un modelo matemático de triangulación.
- Obtener gráficamente la ubicación de un usuario usando la plataforma de Matlab.
- Calcular la diferencia entre la ubicación exacta del usuario con la ubicación aproximada del usuario.
- Realizar un modelamiento de los datos obtenidos con una función de densidad de probabilidad.

1.4 Justificación del proyecto.

Actualmente existen muchos servicios basados en la posición del usuario, pero no en la frecuencia de los 28 GHz, por lo que dicha información se convierte en un problema interesante por resolver.

Además, la banda de frecuencia de 28 GHz es aspirante a trabajar con sistemas celulares de Quinta generación para las futuras comunicaciones en exteriores.

1.5 Resultados esperados.

Para este proyecto se implementará un algoritmo basado en el método de trilateración para aproximar la posición de un usuario. Se asume que la potencia de recepción tiene un componente aleatorio que sigue el comportamiento de una variable aleatoria normal gaussiana.

CAPÍTULO 2

2. ASPECTOS TÉCNICOS.

2.1 Antena

Es un dispositivo de material conductor diseñado con la capacidad de enviar y recibir energía eléctrica por medio de ondas electromagnéticas a través del espacio. Hay antenas con diferentes aplicaciones, el tamaño y la geometría de la misma está directamente relacionado con que banda de frecuencia se quiere trabajar. Cuando la antena genera ondas electromagnéticas y estas se propagan en el espacio se dice que la antena es transmisora, cuando se utiliza para capturar ondas electromagnéticas propagadas en el espacio se dice que la antena es receptora [1].



Figura 2.1: Diferentes antenas en estaciones bases.

2.2 Directividad

2.2.1 Antenas omnidireccionales

Estas antenas irradian en toda dirección del plano horizontalmente con igual intensidad, la cual es el tipo de antenas comúnmente usadas con las dipolo y plano de tierra [2].

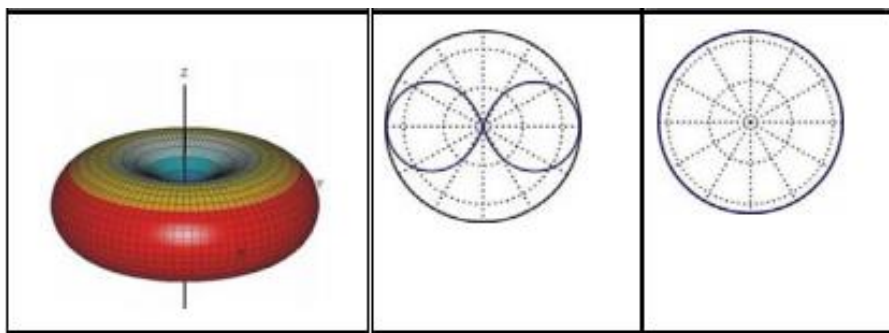


Figura 2.2: Patrón de radiación vertical y horizontal de antena omnidireccional [2].

2.3 Línea de vista

En la instalación de sistemas inalámbricos, línea de vista se define como un trayecto punto a punto sin obstáculo entre las antenas transmisoras y receptoras. A altas frecuencias se necesita línea de vista para permitir una mejor propagación de las señales RF y evitar problemas de transmisión como: reducción del alcance, reflexión de la señal y provocar cancelación de una parte de la señal transmitida. Línea de vista es representado con LOS por las siglas en inglés (Line of Sight) [3].



Figura 2.3: Enlace con línea de vista [4]

2.4 Modelo de propagación usado

2.4.1 Modelo Log-Distancia de pérdida de paso

El modelo Log-Distancia de pérdida de paso es un modelo para cualquier área en general [4] y está dado por:

$$PL = P_{Tx} - P_{Rx} = L_0 + 10 * n * \log_{10}(d) + X_g \quad (2.1)$$

Donde

PL es la pérdida de paso total en dB

P_{Tx} es la potencia de transmisión en dBm

P_{Rx} es la potencia de recepción en dBm

L_0 es la pérdida de paso a una referencia de distancia de 1m. Unidad: dB

n es el exponente de distancia de pérdida de paso

d es la longitud del camino

X_g es la atenuación por desvanecimiento plano, la cual es considerada como una variable aleatoria normal (o Gaussiana) con media cero y desviación estándar σ en dB.

La pérdida de paso L_0 está expresada como:

$$L_0 = -10 * \log_{10} \left[G_t * G_r * \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \right] \quad (2.2)$$

Donde

G_t y G_r son las ganancias de las antenas en el transmisor y receptor. Por lo general toman el valor de 1.

λ es igual a velocidad de la luz (en m/s) dividido para la frecuencia (en Hz)

El modelo Log-Distancia de pérdida de paso es una ley de potencia modificada con una variabilidad normal logarítmica, similar al debilitamiento de sombra [5].

2.5 Técnicas de estimación de distancias

Al pasar de los años se han desarrollado varias técnicas de estimación de distancias, en el actual proyecto se escogió el método para determinar la posición de un usuario llamado trilateración con la ayuda de la geometría de un triángulo.

2.5.1 Trilateración

Esta técnica sirve para estimar la posición de una antena, procediendo a medir las distancias desde un usuario hasta varias posiciones de antenas transmisoras. Para estimar la posición de una antena en un plano de dos dimensiones es obligatorio conocer al menos el valor de magnitud que separan las tres antenas en diferentes líneas con el usuario, como se indica en la Fig. 2.4 [6].

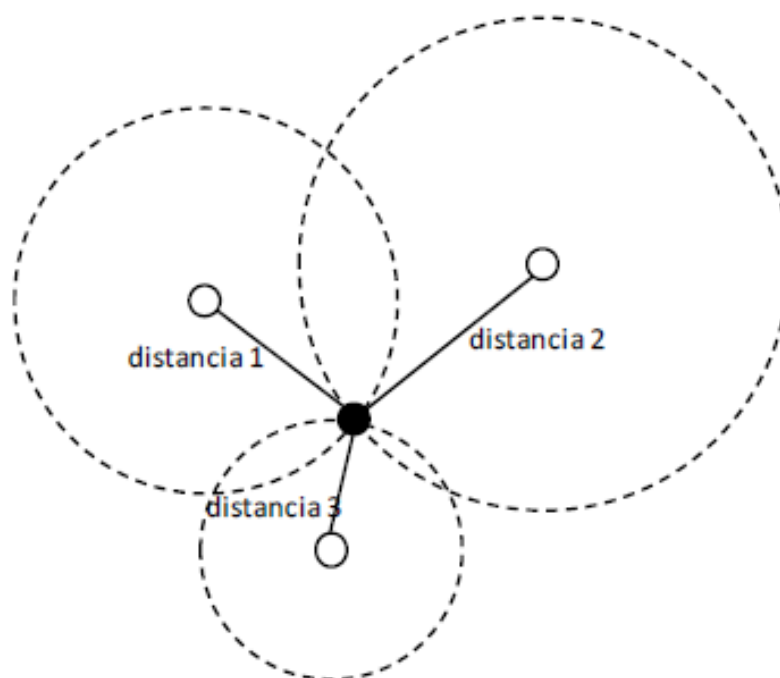


Figura 2.4: Trilateración. La distancia a tres antenas (nodos blancos) permite a un usuario (nodo negro) determinar su posición [6].

2.5.2 Teorema de la bisectriz

La bisectriz para un triángulo, adecuado a uno de sus vértices, está definido como la recta que pasa por la mitad del ángulo de dicho vértice dando como resultado ángulos iguales [7].

El teorema de la bisectriz para ángulos internos explica que una bisectriz divide al lado opuesto en partes equivalentes a las longitudes de los lados adyacentes del vértice [8].

$$\frac{Bb_A}{AB} = \frac{b_{AC}}{AC} \quad (2.3)$$

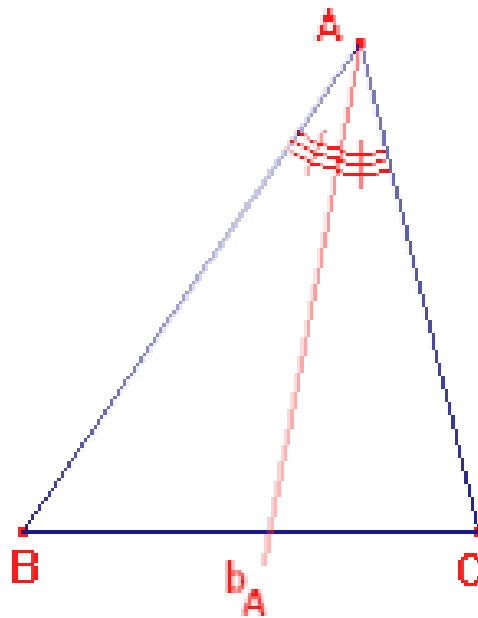


Figura 2.5: División del ángulo en partes iguales [7].

Todo triángulo ABC, consta de tres bisectrices correspondiente uno para cada ángulo que se detalla:

- Bisectriz equivalente al ángulo A, se denota por b_A
- Bisectriz equivalente al ángulo B, se denota por b_B
- Bisectriz equivalente al ángulo C, se denota por b_C

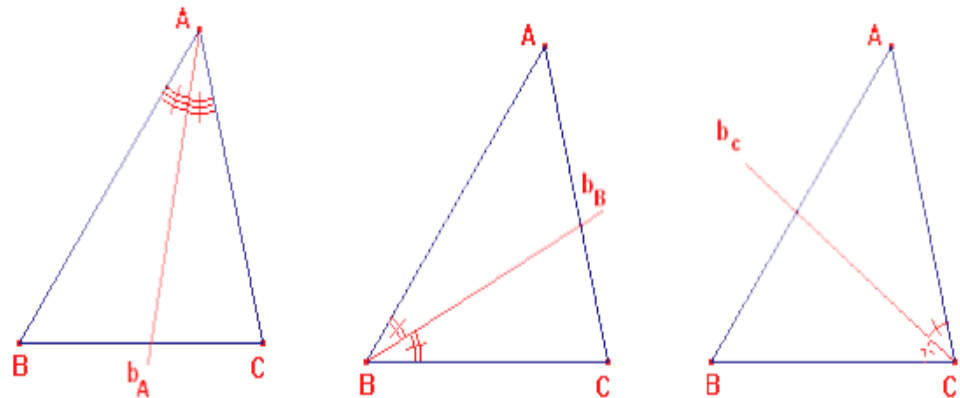


Figura 2.6: Triángulo ABC con sus bisectrices para cada ángulo [7].

2.5.3 Incentro

Cualquier punto de la recta de la bisectriz de un ángulo del triángulo ABC se encuentra equidistante a los lados que definen dicho ángulo. Las intersecciones de las bisectrices cortan en un único punto el cual está denotado por "I" y tiene el nombre de incentro.

A continuación, se observa el incentro en diferentes tipos de triángulos sea, recto, acutángulo, obtusángulo respectivamente Fig. 2.7 [9].

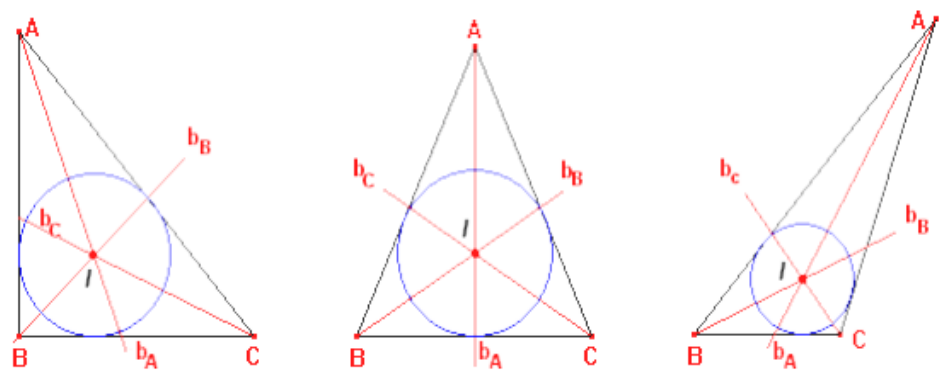


Figura 2.7: Incentro "I" en diferentes triángulos [9].

CAPÍTULO 3

3. CREACIÓN DEL ALGORITMO PARA LOCALIZAR USUARIOS EN LA BANDA DE 28GHZ.

En esta sección se diseña e implementa un algoritmo matemático que permite ubicar un usuario en la banda milimétrica de 28 GHz considerando condiciones ideales en un ambiente con total línea de vista (LOS). Para realizar este algoritmo se utilizó el programa computacional Matlab que mediante mecanismos matemáticos nos permitieron hallar una posición aproximada de la posición real del usuario; dicha posición inexacta se debe a que las potencias de recepción tienen un componente aleatorio que sigue el comportamiento de una variable aleatoria normal gaussiana.

3.1 Implementación del algoritmo para localizar usuarios.

Este algoritmo consta de varias etapas para ser ejecutado. La primera etapa consiste en definir los parámetros generales de las estaciones base, el usuario y las características de la banda de 28GHz.

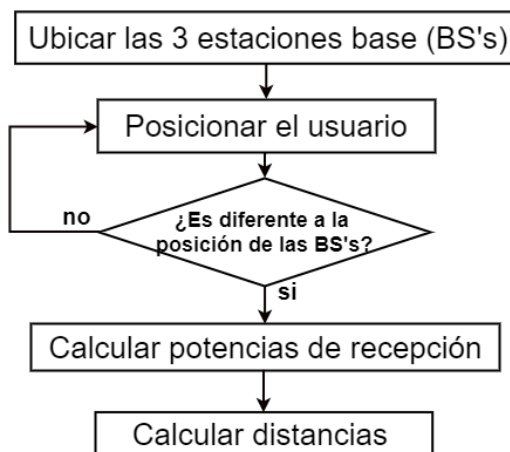


Figura 3.1: Primera etapa del algoritmo

Como se observa en la figura 3.1, la primera etapa consiste en definir los parámetros principales para realizar los cálculos de la posible ubicación del usuario. Dichos parámetros son las ubicaciones fijas de las tres estaciones

base (BS), distancias entre BS's, ubicación aleatoria del usuario, potencia y frecuencia de transmisión, media y varianza de la variable aleatoria gaussiana.

En la primera etapa también se calcula las potencias de recepción en el usuario con respecto a cada estación base, para luego recalculer las distancias considerando la atenuación por desvanecimiento plano (X_g). Esta atenuación X_g es una variable aleatoria normal o gaussiana con media igual a cero y varianza de 8 [dB].

En la segunda etapa se formula sistemas de ecuaciones con las distancias calculadas en la etapa anterior, con el fin de calcular un área donde sea posible estimar la ubicación del usuario.

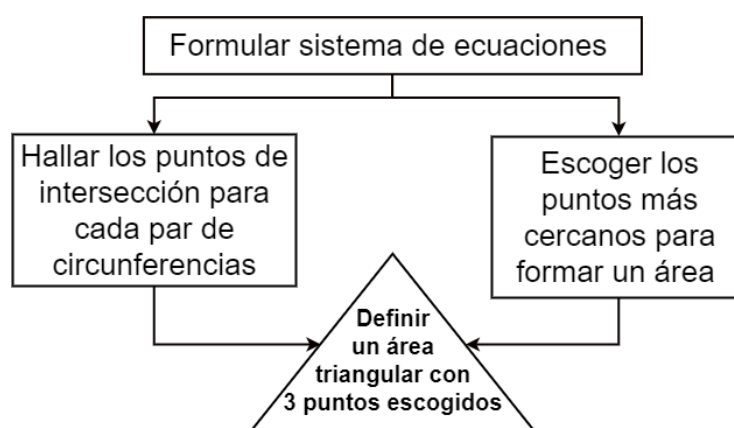


Figura 3.2: Segunda etapa del algoritmo

De acuerdo con la figura 3.2, en esta etapa se formula un sistema de ecuaciones para cada par de circunferencias que forman las antenas omnidireccionales de las estaciones base. Ver Figura 3.3

Usando el método matemático de la trilateración, con dichos sistemas de ecuaciones se calcula los dos puntos de intersección entre cada par de circunferencias, de este par de puntos se escoge un punto específico para

formar parte de los tres puntos que sirven para crear un triángulo en cuya área se pretende calcular la ubicación aproximada del usuario.

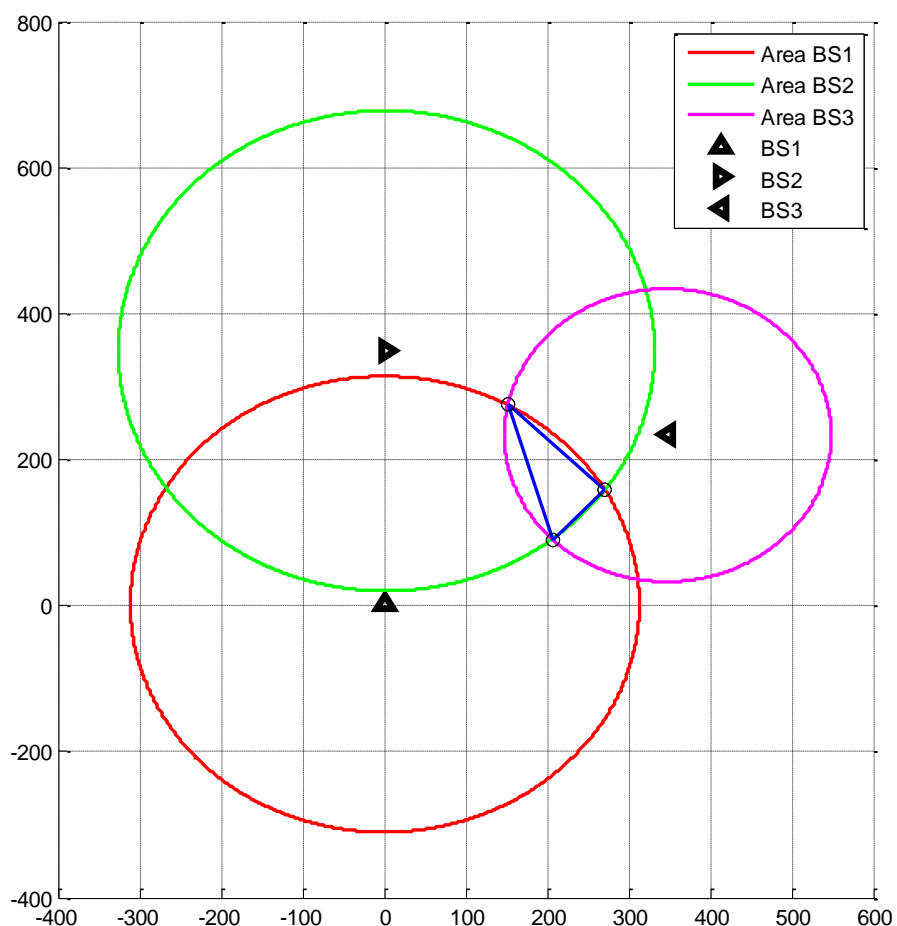


Figura 3.3: (Azul) Área usada para calcular la ubicación del usuario

Como se muestra en la figura 3.3, el área triangular definida por las líneas en color azul es el área en cuestión que se usa para calcular la ubicación aproximada del usuario en una posterior etapa.

En la tercera etapa del algoritmo se trabaja con el triángulo obtenido en la etapa anterior de tal modo que, al hallar el punto de su incentro, este representa la posición más aproximada del usuario.

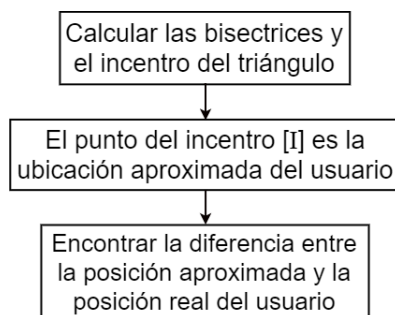
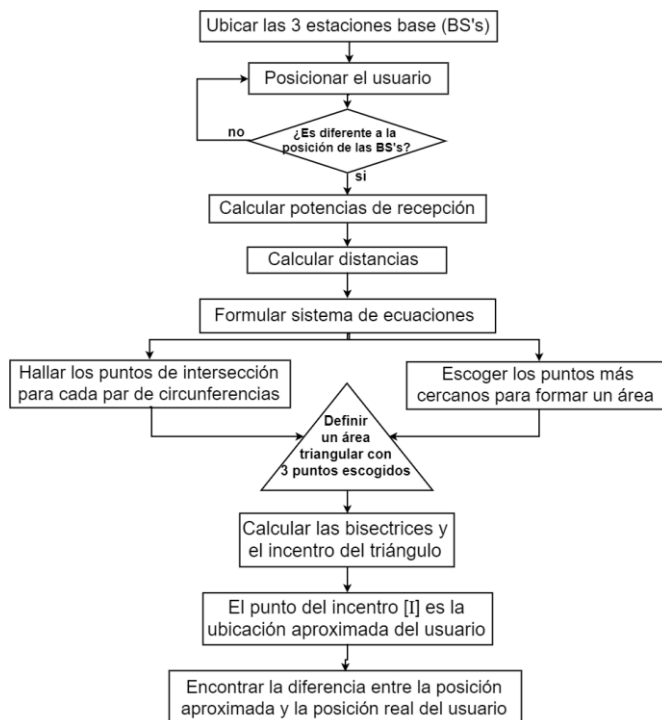


Figura 3.4: Tercera etapa del algoritmo

Como se observa en la figura 3.4, en esta etapa se procede a calcular las rectas de las bisectrices del triángulo, para realizar este paso se usa el teorema de la bisectriz para ángulos internos. Después, estas rectas al interceptarse confluyen en un punto llamado incentro (I). Dicho punto 'I' representa la ubicación aproximada del usuario. Ver figura 3.8.

Y como paso final se procede a calcular la diferencia que existe entre la posición real y la posición aproximada del usuario para un posterior análisis.



Gráfica 3.5: Diagrama de flujo completo del algoritmo para localizar usuarios

3.2 Resultados

A continuación, se muestra los resultados para un usuario ubicado de manera aleatoria entre las tres estaciones base.

Primero, para estudiar este algoritmo, se realiza la simulación del caso ideal en donde se calcula las potencias de recepción exactas en el usuario y en consecuencia la posición real del usuario.

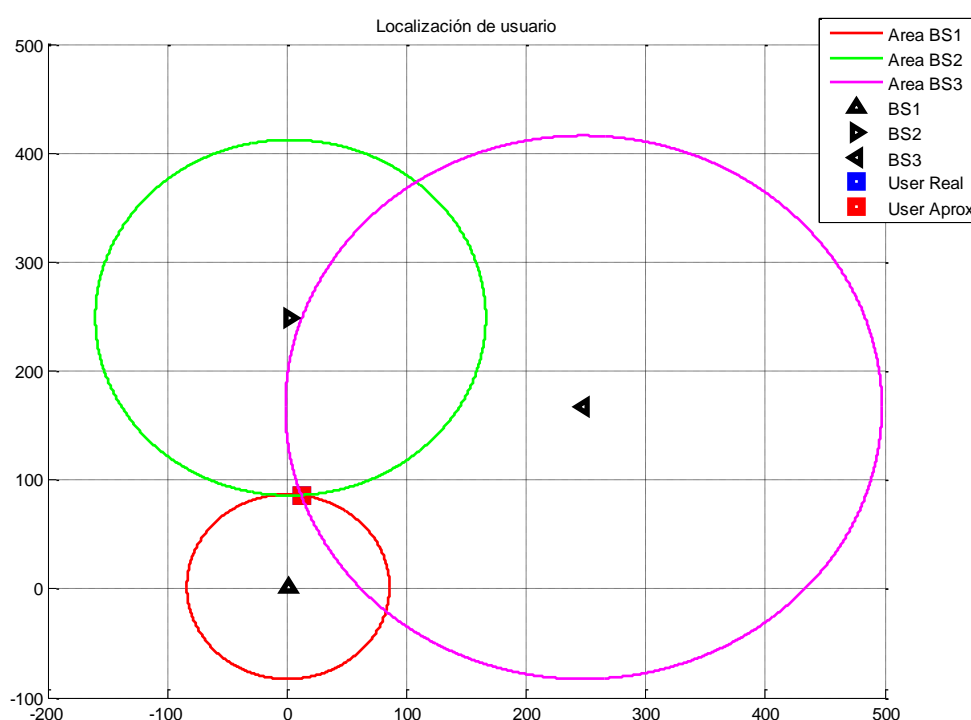


Figura 3.6: Localización exacta del usuario

Como se observa en la figura 3.6 las tres circunferencias que forman las potencias de las BS's convergen en un solo punto, el cual representa la ubicación exacta del usuario. Esta convergencia resulta de la aplicación del método matemático de la Trilateración.

A partir del caso ideal (ubicación exacta), se procede a realizar las simulaciones del algoritmo para hallar una posición aproximada del usuario y posteriormente establecer una comparación entre las posiciones exacta y aproximada.

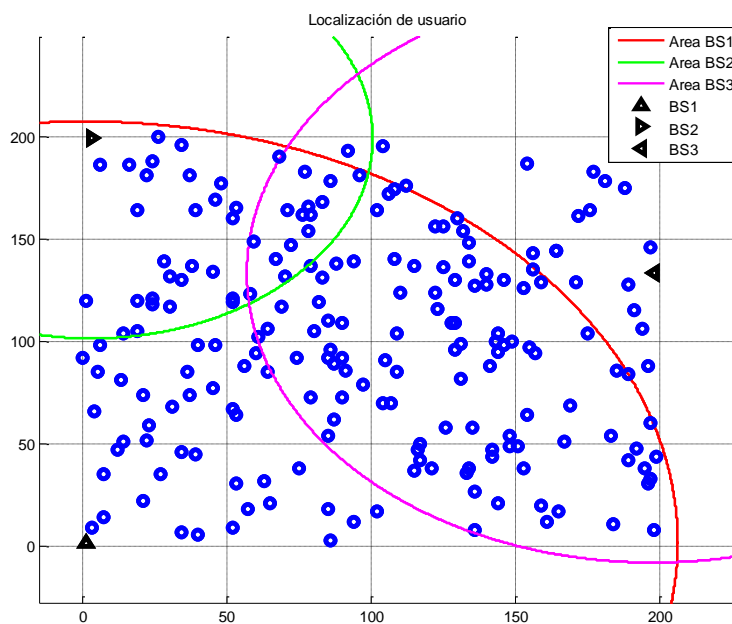


Figura 3.7: Posiciones aleatorias de los usuarios

En la figura 3.7 se observa las 200 posiciones aleatorias de los usuarios que se usaron para calcular sus posiciones aproximadas.

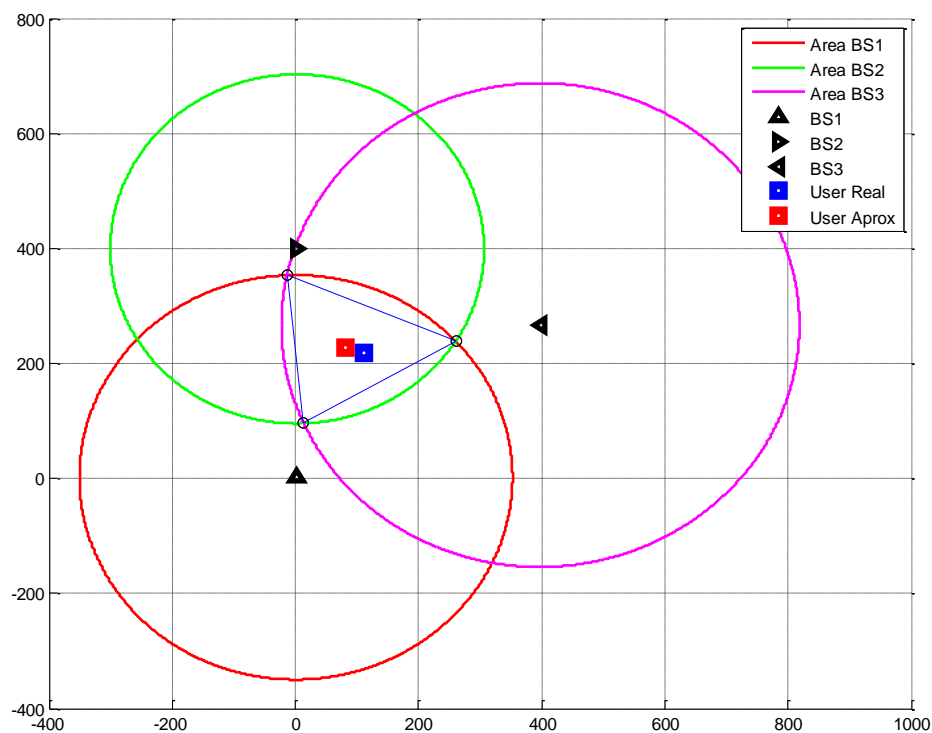


Figura 3.8: Localización de usuario mediante el algoritmo

Como se observa en la figura 3.8 la posición aproximada del usuario es muy cercana a la posición real.

Mediante el análisis de 200 datos que representan las 200 posiciones aleatorias del usuario se obtiene como resultado, en la mayoría de los casos, diferencias mínimas entre las posiciones reales y aproximadas de los usuarios. Pero existen casos donde esta diferencia es muy significativa o no existe como tal debido a que no es posible calcularla. En seguida se detalla estos casos:

- El primer caso, cuando se produce una diferencia muy grande entre la ubicación real y aproximada del usuario, es debido a que el usuario real se encuentra muy lejos del área que forman las estaciones base (BS's) o se encuentra muy cerca de alguna BS. Ver figura 3.9.
- El segundo caso, similar al anterior, es causado cuando la distancia entre las BS's es muy grande. Para antenas que trabajan en la banda de 28GHz es recomendable trabajar con 200 metros de separación entre BS's.
- El tercer caso y el más drástico es cuando no es posible calcular una ubicación aproximada del usuario. Esto se debe a la influencia de la variable aleatoria gaussiana usada para calcular las distancias entre usuario y BS's. Dicha variable cuando es muy grande provoca que estas distancias sean muy grandes o pequeñas, y algún par de circunferencias formadas por las BS's no logran interceptarse entre si. Ver figura 3.9.

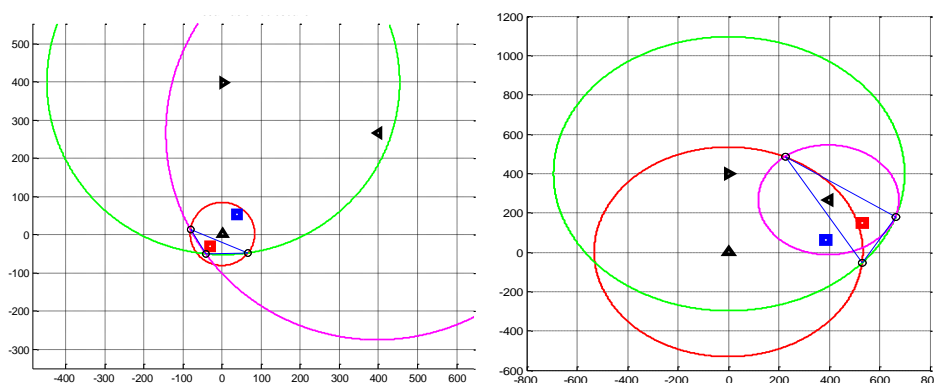


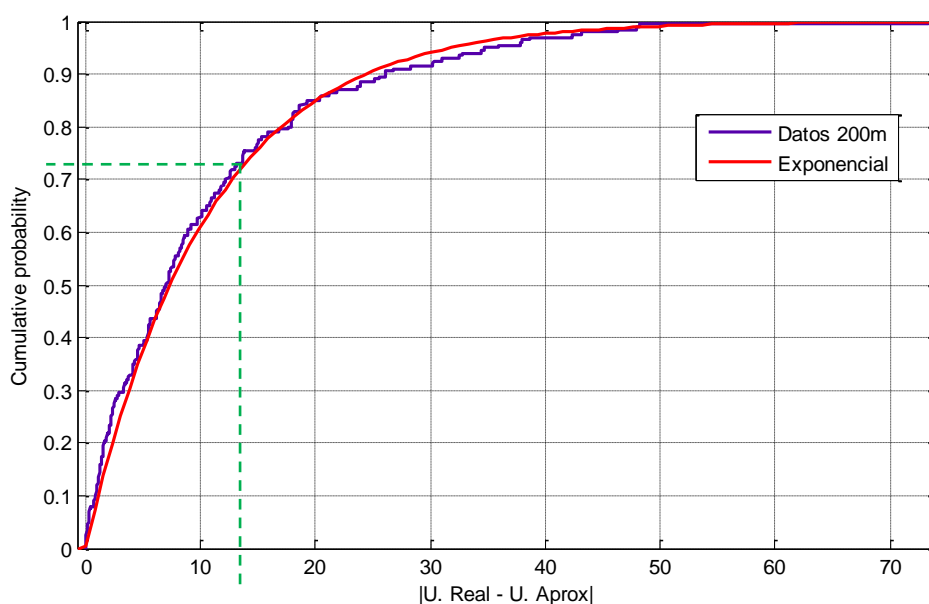
Figura 3.9: Errores en posiciones aproximadas de usuario. Caso 1 y caso 3.

Como siguiente análisis se obtiene los datos para diferentes distancias de separación entre estaciones base, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Distancia entre BS's	Media [m]	Número de casos donde no fue posible calcular la ubicación
200	10.61	5
300	17.02	4
400	21.47	5

Tabla 1: Resultados para diferentes distancias entre BS's

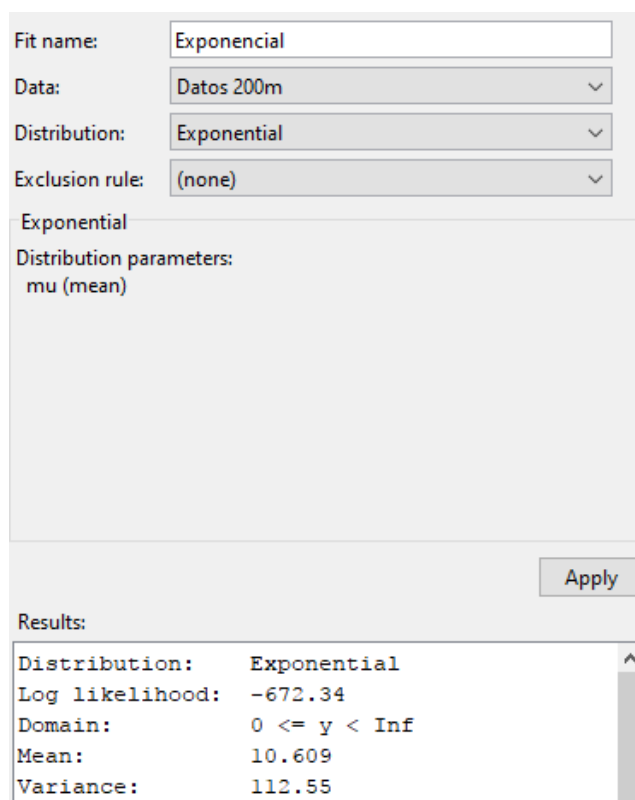
De acuerdo con la tabla 1 se describe como va variando la media de los resultados obtenidos de las diferencias entre la posición real y aproximada de los usuarios. Se observa que a medida que va aumentando la distancia entre las estaciones base, la media va aumentando. Además, el número de casos en donde no se puede hallar la posición real del usuario no varía, porque estos casos se presentan debido a la influencia de una variable aleatoria.



Gráfica 3.10: CDF de los datos para una distancia de 200m entre BS's

En la gráfica 3.10 se observa el comportamiento de los datos obtenidos al calcular la diferencia entre la posición real y aproximada del usuario, comparados con su respectiva curva de aproximación. Dichos datos siguen el comportamiento de una distribución exponencial. Se puede ver gráficamente que existe un 75% de probabilidad de que las diferencias obtenidas sean menores a 15 metros. Lo cual indica que este algoritmo tiene un alto nivel de fiabilidad.

A continuación, se muestra los valores de los parámetros que definen la curva de aproximación hallados con la herramienta "Distribution Fitting" de Matlab, con el fin de mostrar de una manera más directa la similitud entre ambas graficas.



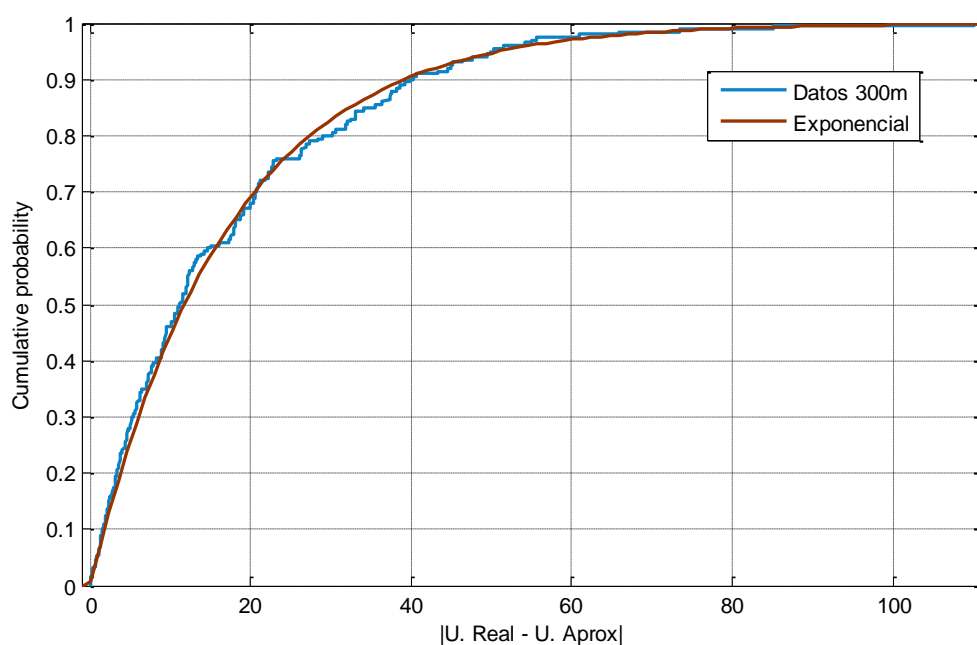
The screenshot shows the MATLAB Distribution Fitting tool interface. The 'Fit name' is 'Exponencial', 'Data' is 'Datos 200m', 'Distribution' is 'Exponential', and 'Exclusion rule' is '(none)'. The 'Exponential' distribution parameters are shown as 'mu (mean)'. The 'Results' section displays the following information:

Distribution:	Exponential
Log likelihood:	-672.34
Domain:	$0 \leq y < \text{Inf}$
Mean:	10.609
Variance:	112.55

Gráfica 3.11: Parámetros de la curva de aproximación de los resultados obtenidos.

Como se observa en la gráfica 3.11 se usa una distribución exponencial para comparar los resultados obtenidos de las diferencias entre la posición real y aproximada de los usuarios. Además, se indica el valor de la media y la varianza de los resultados obtenidos para el caso de una distancia de separación de 200 metros entre las BS's.

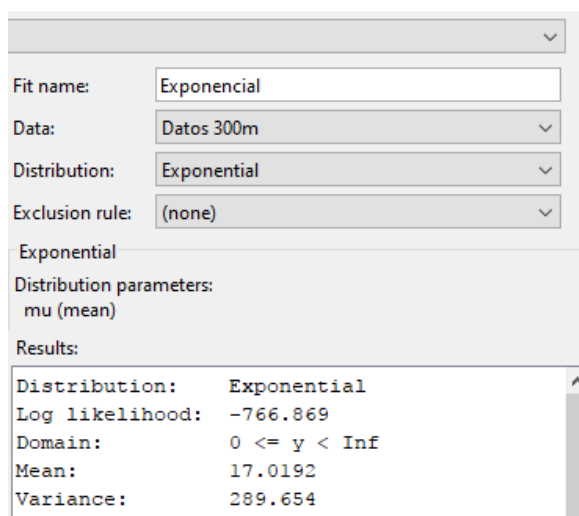
A continuación, se observa el comportamiento de los resultados obtenidos para cuando se aumenta la distancia de separación entre las estaciones base.



Gráfica 3.12: CDF de los datos para una distancia de 300m entre BS's

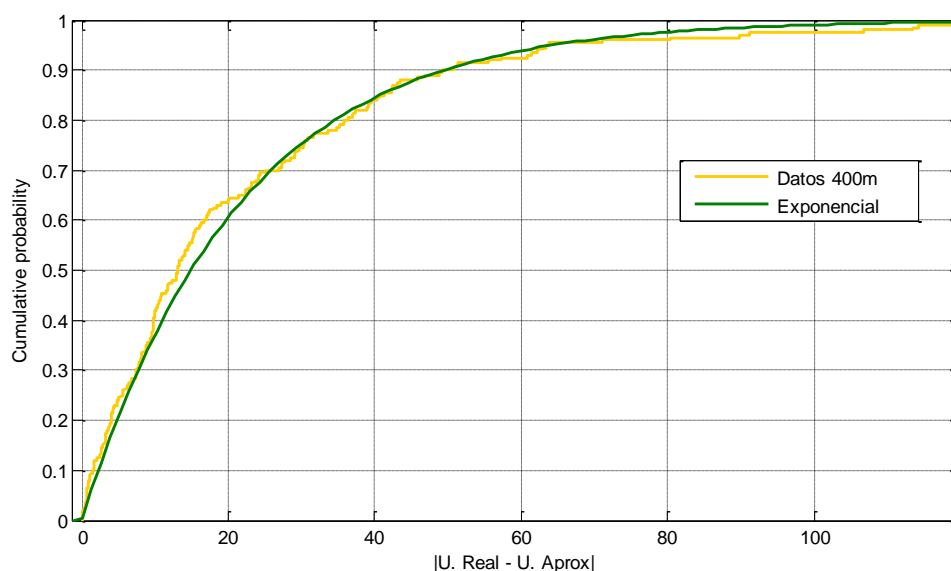
En la gráfica 3.12 se observa cómo se comportan los datos obtenidos para cuando existe una distancia de separación de 300 metros entre las BS's.

Dichos datos siguen el comportamiento de una distribución exponencial. Se puede ver gráficamente que existe un 75% de probabilidad de que las diferencias obtenidas sean menores a 25 metros.



Gráfica 3.13: Parámetros de la curva de aproximación de los resultados obtenidos.

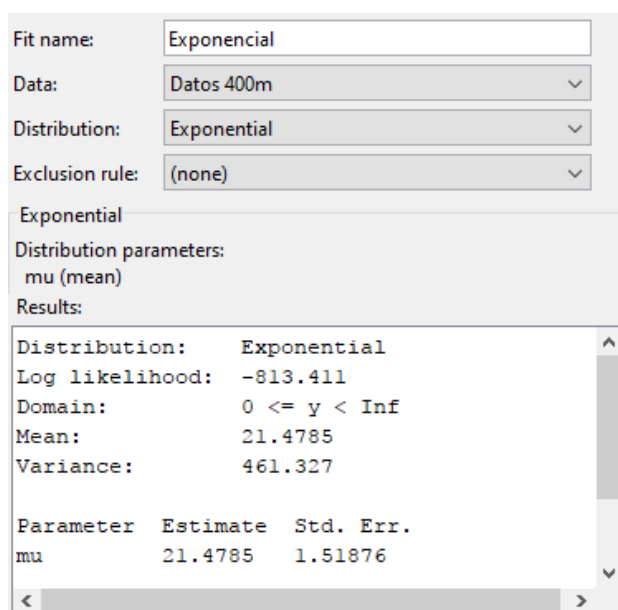
Como se observa en la gráfica 3.13 se usa una distribución exponencial para comparar los resultados obtenidos de las diferencias entre la posición real y aproximada de los usuarios. Además, se puede observar cómo aumenta el valor de la media y la varianza de los resultados para el caso de una distancia de separación de 300 metros entre las BS's.



Gráfica 3.14: CDF de los datos para una distancia de 400m entre BS's

En la gráfica 3.14 se observa cómo se comportan los datos obtenidos para cuando existe una distancia de separación de 400 metros entre las BS's.

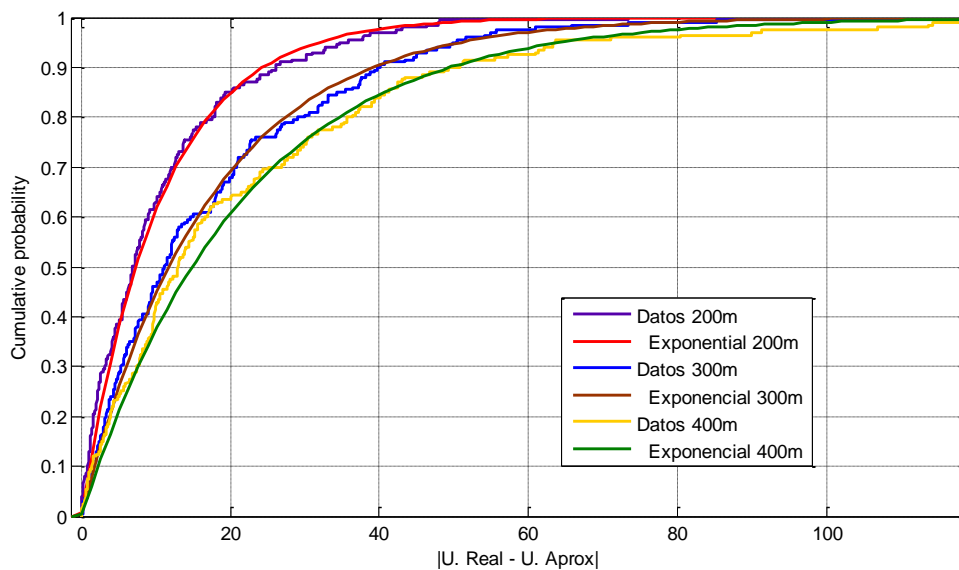
Los datos siguen el comportamiento de una distribución exponencial. Se puede ver gráficamente que existe un 75% de probabilidad de que las diferencias obtenidas sean menores a 30 metros.



Gráfica 3.15: Parámetros de la curva de aproximación de los resultados obtenidos.

Como se observa en la gráfica 3.15 se usa una distribución exponencial para comparar los resultados obtenidos de las diferencias entre la posición real y aproximada de los usuarios. Además, se puede observar cómo aumenta el valor de la media y la varianza de los resultados para el caso de una distancia de separación de 400 metros entre las BS's.

A continuación, se realiza una comparación entre gráficas de CDF obtenidas anteriormente con el fin de observar el comportamiento de los datos a medida que se aumenta la distancia de separación entre las BS's.



Gráfica 3.16: Comportamiento de los datos para diferentes distancias de separación entre BS's

Como se muestra en la gráfica 3.16 a medida que se aumenta la distancia de separación entre las BS's, las gráficas de la CDF's varían (la media y la varianza aumentan) de tal modo que el algoritmo implementado es cada vez menos confiable para localizar los usuarios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Mediante el análisis de las gráficas de CDF (Gráfica 3.10) se observó que los datos obtenidos usando el algoritmo propuesto tienen concordancia con los valores esperados.

El algoritmo tiene una alta fiabilidad para los casos donde la distancia de separación entre las estaciones de base es menor o igual a 200 metros para el caso de enlaces en la banda milimétrica de 28GHz. A medida que aumenta dicha distancia la confiabilidad del algoritmo disminuye.

El aumento del valor de la varianza asociada a la variable aleatoria gaussiana que se usa para estimar la potencia de recepción genera que el error incurrido por el algoritmo también aumente. En consecuencia, la diferencia entre la ubicación exacta del usuario y la ubicación aproximada también aumenta.

Recomendaciones

Es necesario tener un amplio conocimiento de resolución de sistemas de ecuaciones cuadráticas ya que se complica cuando se trabaja con más de dos ecuaciones.

Trabajar el algoritmo propuesto usando los conceptos del baricentro y la mediana del triángulo para hallar la posición aproximada del usuario, con el fin de poder comparar los resultados.

Para poder conseguir resultados más reales de este algoritmo, sería conveniente trabajar con datos reales obtenidos con aparatos de mediciones de potencia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Monachesi., A. Frenzel., G. Chaile., C. Agustín y F. Gómez L. “Conceptos generales de Antenas” en Efecto de la Foresta en las Transmisiones electromagnéticas dentro de una WLAN (LAN inalámbrica), Tucuman: EdUTecNe, 2011, PID25, P031, pp. 1.
- [2] E. Monachesi., A. Frenzel., G. Chaile., C. Agustín y F. Gómez L. “Conceptos generales de Antenas” en Efecto de la Foresta en las Transmisiones electromagnéticas dentro de una WLAN (LAN inalámbrica), Tucuman: EdUTecNe, 2011, PID25, P031, pp.15-16.
- [3] F. Pimentel, México. Acceso agosto 2017. [Online]. Disponible: http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=50:los&catid=31:general&Itemid=79
- [4] S. Buettrich, “Cálculo de Radioenlace”, TRICALCAR, 2007, pp.22, Disponible: <http://www.analfatecnicos.net/archivos/24.CalculoDeRadioenlace.pdf>
- [5] J. S. Seybold, “Introducing to RF Propagation”, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2005, pp.214 – 215.
- [6] E. M. García Polo, “Técnicas de Localización en redes Inalámbricas de Sensores”, Universidad de Castilla-La Mancha,2008, pp.5.
- [7] D. Barredo Blanco, “La geometría del triángulo”, I.E.S. Luis de Camoens, pp.13.
- [8] E. Hernández, “Geometría complementos para la formación disciplinar en matemáticas”, Curso 2010-2011, pp. 11.
- [9] D. Barredo Blanco, “La geometría del triángulo”, I.E.S. Luis de Camoens, pp.16-17.

ANEXOS

ABREVIATURAS

BS	Base Station
CDF	Función de Distribución Acumulada
dB	Decibelio
dBm	Decibelio-Milivatio
Grx	Ganancia de antena Receptora
Gtx	Ganancia de antena Transmisora
LOS	Línea de Vista (Line of Sight)
RF	Radiofrecuencia
GHz	Gigahercio