**PRÁCTICA 5. PROBABILIDAD DE OUTAGE**

**Objetivo:**

Evaluar la probabilidad de outage para diferentes parámetros de cobertura, utilizando el modelo de desvanecimientos lognormales.

**Introducción:**

En el modelo de desvanecimientos lognormales, generalmente se introducen dos tipos de pérdidas: (1) por distancia y (2) por ensombrecimiento, de manera que la fórmula para potencia recibida está dada por:

**Actividades:**

1. Realice un programa que distribuya uniformemente puntos en un área hexagonal de radio ***R***. Cada uno de estos puntos representará a un usuario y el hexágono representará al área de cobertura de una estación base.

**Código para generar un hexágono de cualquier figura geométrica que contenga vértices, dado radio y centro según posiciones X y Y.**

centro = [1e3, 1e3]; % [x, y]

vertices = 6;

radio = 5e3;

angulo = 2 \* pi / vertices;

% Inicializa primer punto de figura

puntVertices = centro(:) + [radio \* cos(0:angulo:2\*pi-angulo);

radio \* sin(0:angulo:2\*pi-angulo)];

pgon = polyshape(puntVertices');

% Números aleatorios

a = centro(1) - radio; b = centro(1) + radio;

N = 10000;

rx = a + (b-a).\*rand(1,N);

a = centro(2) - radio; b = centro(2) + radio;

ry = a + (b-a).\*rand(1,N);

puntosValidos = [rx(isinterior(pgon, rx, ry));

ry(isinterior(pgon, rx, ry))];

totalPuntos = sum(isinterior(pgon, rx, ry));



Figura Celda de 5km de radio con 6496 puntos válidos

1. Para cada usuario calcule la potencia recibida (***Potrx***), tomando en cuenta pérdidas por distancia, así como pérdidas por ensombrecimiento. Para dichos cálculos utilice los parámetros que se describen a continuación:

|  |  |
| --- | --- |
| **PARÁMETRO** | **VALOR** |
| Potencia de Transmisión (***Pottx***) | 10 W |
| Ganancia de la antena transmisora (***Gtx***) | 12 dB |
| Ganancia de la antena receptora (***Grx***) | 2 dB |
| Radio de la celda (***R***) | 5 km |
| Desviación estándar de las pérdidas por ensombrecimiento (***σ***) | 7 dB |
| Exponente de decaimiento por distancia (***α***) | 4 |

**Código para calcular la potencia recibida según la potencia de transmisión, ganancias de antenas receptora y transmisora, las pérdidas por distancia (LD) y pérdidas por ensombrecimiento (LS).**

for n = 1:totalPuntos

% Pérdida por distancia

LD(n) = 10 \* alf \* log10(dist(n));

% Pérdida por ensombrecimiento.

LS(n) = sigma \* randn(1);

Prx(n) = Ptx + Gtx + Grx - LD(n) - LS(n);

end

1. Con las potencias de recepción obtenidas en la actividad anterior, determine la Probabilidad de Outage (***Pout***), si la sensibilidad (***S***) del receptor es de -100 dBm. Esta probabilidad se define como la probabilidad de que ***Potrx***<***S***. De acuerdo con lo anterior, esta probabilidad puede obtenerse, por frecuencia relativa, al dividir el número de usuarios para los cuales ***Potrx***<***S***, entre el total de usuarios.

**Respuesta**:

Se consideraron 6496 usuarios en total de los cuales 262 son usuarios sin servicio dando una probabilidad de *Outage* de:

1. Repita la simulación descrita en las actividades anteriores para valores de ***R*** desde 3 hasta 6 km, con una resolución de 1 km, y realice una gráfica en la que se muestre la ***Pout*** en función de ***R***. El resto de los parámetros del sistema manténgalos fijos, de acuerdo a lo establecido en los puntos 2 y 3.

**Código para hacer un barrido de radios del hexágono y calcular la potencia recibida usando los parámetros especificados en 2 y 3. Por cada corrida se crea un nuevo hexágono con nuevos usuarios en él. Se guardan los resultados de la probabilidad de *outage* en el vector probOut**

m = 1;

probsOutSigma = zeros(1,7);

for radio = 3e3:1e3:5e3

vertices = 6;

angulo = 2 \* pi / vertices;

puntVertices = centro(:) + [radio \* cos(0:angulo:2\*pi-angulo);

radio \* sin(0:angulo:2\*pi-angulo)];

pgon = polyshape(puntVertices');

% Números aleatorios

a = centro(1) - radio; b = centro(1) + radio; N = 10000;

rx = a + (b-a).\*rand(1,N);

a = centro(2) - radio; b = centro(2) + radio;

ry = a + (b-a).\*rand(1,N);

puntosValidos = [rx(isinterior(pgon, rx, ry));

ry(isinterior(pgon, rx, ry))];

totalPuntos = sum(isinterior(pgon, rx, ry));

% Vector de distancias a la radio base

dist = sqrt((puntosValidos(1,:) - centro(1)).^2 + ...

(puntosValidos(2,:) - centro(2)).^2);

LD = zeros(1,totalPuntos);

LS = zeros(1,totalPuntos);

Prx = zeros(1,totalPuntos);

for n = 1:totalPuntos

% Pérdida por distancia

LD(n) = 10 \* alf \* log10(dist(n));

% Pérdida por ensombrecimiento.

LS(n) = sigma \* randn(1);

Prx(n) = Ptx + Gtx + Grx - LD(n) - LS(n);

end

% % Sensibilidad del receptor

S = -100;

usersOut = sum(Prx < S);

probsOut(m) = usersOut / totalPuntos;

m = m + 1;

end

**En la figura 2 se muestra la gráfica de la probabilidad de *outage* contra el radio del hexágono. Tal como se comentó en el video, cuan mayor sea el área de cobertura, mayor será la probabilidad de tener usuarios sin servicio o mejor dicho, con mayor probabilidad de *outage.***



Figura Gráfica Outage vs Radio.

1. Repita la simulación para valores de ***σ*** desde 6 hasta 12 dB, con una resolución de 1 dB, y realice una gráfica en la que se muestre la ***Pout*** en función de ***σ***. El resto de los parámetros del sistema manténgalos fijos, de acuerdo a lo establecido en los puntos 2 y 3.

**Código para hacer un barrido de desviaciones estándar y calcular la potencia recibida usando los parámetros especificados en 2 y 3. En este caso se usa el mismo hexágono con los mismos usuarios, pero se cambia la desviación estándar que va desde 6 a 12 dB. Se guardan los resultados de la probabilidad de *outage* en el vector probOutSigma**

probsOutSigma = zeros(1,7);

m = 1;

for sigma = 6:12

LD = zeros(1,totalPuntos);

LS = zeros(1,totalPuntos);

Prx = zeros(1,totalPuntos);

for n = 1:totalPuntos

% Pérdida por distancia

LD(n) = 10 \* alf \* log10(dist(n));

% Pérdida por ensombrecimiento.

LS(n) = sigma \* randn(1);

Prx(n) = Ptx + Gtx + Grx - LD(n) - LS(n);

end

% % Sensibilidad del receptor

S = -100;

usersOut = sum(Prx < S);

% % probOut = usersOut / totalPuntos;

probsOutSigma(m) = usersOut / totalPuntos;

m = m + 1;

end

**En la figura 3 se muestra la probabilidad de *outage* contra la desviación estándar. La gráfica hace sentido ya que a mayor potencia por las pérdidas de ensombrecimiento, menos potencia recibe el usuario y es por eso que la gráfica muestra una pendiente positiva ya que la probabilidad de *outage* aumenta al tener mayor ensombrecimiento.**



Figura Gráfica de probabilidad de Outage vs desviación estándar.

1. Repita la simulación para valores de ***Pottx*** desde 6 hasta 16 W, con una resolución de 2 W, y realice una gráfica en la que se muestre la ***Pout*** en función de ***Pottx***. El resto de los parámetros del sistema manténgalos fijos, de acuerdo a lo establecido en los puntos 2 y 3.

**Código para hacer un barrido de potencias de transmisión y calcular la potencia recibida usando los parámetros especificados en 2 y 3. Para este caso se usa el mismo hexágono con los mismos usuarios pero se convierte la potencia que está en Watts a decibeles. Se guardan los resultados de la probabilidad de *outage* en el vector probOutPot**

probsOutPot = zeros(1,6);

sigma = 7; m = 1;

for Ptx = 6:2:16

LD = zeros(1,totalPuntos);

LS = zeros(1,totalPuntos);

Prx = zeros(1,totalPuntos);

for n = 1:totalPuntos

% Pérdida por distancia

LD(n) = 10 \* alf \* log10(dist(n));

% Pérdida por ensombrecimiento.

LS(n) = sigma \* randn(1);

Prx(n) = 10 \* log10(Ptx \* 10^3) + Gtx + Grx - LD(n) - LS(n);

end

% % Sensibilidad del receptor

S = -100;

usersOut = sum(Prx < S);

probsOutPot(m) = usersOut / totalPuntos;

m = m + 1;

end

**En la figura 4 se muestra la probabilidad de *outage* contra la potencia que a diferencia de las otras 2 figuras anteriores, esta se muestra con una probabilidad con pendiente negativa y la justificación de este resultado es porque a mayor potencia de transmisión, el usuario recibirá más potencia por lo que será menor la cantidad de usuarios que se queden sin servicio.**



Figura Gráfica de probabilidad de Outage contra Potencia de transmisión.

**Conclusiones**

**La probabilidad de que un usuario con celular cuya tecnología se base en la teoría vista en esta práctica tiene muchas posibilidades de no tener servicio, ya sea por las pérdidas de desvanecimiento o por pérdidas por distancia. Los resultados vistos hacen sentido con lo visto en las diapositivas e incluso con la realidad ya que cuando un usuario se aleja de una estación base, ve reflejado la consecuencia en su pantalla en el ícono de la señal ya que es menor e incluso igual con los edificios.**

**Por otro lado, también hace sentido el resultado de la última gráfica ya que si uno aumenta la potencia con la que se transmite una señal, el usuario recibirá mayor potencia en su dispositivo.**

**A pesar de que se tienen 3 parámetros para variar la probabilidad de *outage*, hay otro que considerar y que no se varió en la práctica es la sensibilidad del receptor ya que si la sensibilidad del receptor fuera mayor, el usuario tendría una mayor tolerancia para que su dispositivo opere con normalidad.**