

Practica Diseño de un Enlace de Radio Utilizando MATLAB

Luis Alberto Herasme Cuevas
Ingeniería electrónica y de comunicaciones
Instituto tecnológico de Santo Domingo
Santo Domingo, República Dominicana
1088668@est.intec.edu.do

Objetivo

Aprender a realizar perfiles de paso de forma automática empleando MATLAB, dicho perfil de paso debe tomar en cuenta, la vegetación, la curvatura de la tierra (Tomando en cuenta un factor k), el 60% de la zona de Fresnel y la altura de las torres, además se debe calcular la línea de vista (dibujando la zona de Fresnel sobre la línea de vista).

Procedimiento

Se realizó un programa en MATLAB que grafique el perfil de paso de un enlace de radio, los datos de relieve son generados en un programa en JavaScript, donde el usuario determina dos puntos para realizar el perfil de paso entre ellos.

Para tomar los datos de terreno para generar el perfil de paso se utilizó la plataforma de mapas de Google, específicamente su API de JavaScript, donde puede a partir de dos puntos generar un perfil de elevación, para obtener la modifique el programa que se presenta en este ejemplo:

<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/examples/elevation-paths>

Enlace 1. Showing Elevation Along a Path (Google Maps).

Sin embargo, para utilizar este servicio necesito una cuenta en su plataforma que tenga vinculada una tarjeta de crédito. Logre utilizar su servicio de la siguiente forma, en el enlace 1, puede verse que ellos tienen un ejemplo en:

<https://jsfiddle.net/api/post/library/pure/>

Enlace 2. Como utilizar la API de elevación.

Este código es editable, así de lo edite para que genere el perfil de paso entre los puntos que deseo (Este código puede verse en el Anexo 1).

Entonces para obtener los datos de elevación solo debo ejecutar el código de JS colocando en las variables llamadas inicio y fin, los puntos entre los cuales se quiere calcular el perfil de paso (Se generará un archivo llamado data.csv. Esto lo hice para utilizando coordenadas del perfil de paso de la practica anterior).

Luego de generar el mapa de elevación este debe ser colocado en el mismo directorio de los archivos de MATLAB para generar el perfil de paso.

En el programa de MATLAB busco la distancia entre los dos puntos y establezco una frecuencia para el enlace.

Para buscar la distancia entre los dos puntos utilizando su latitud y longitud uso la fórmula de Haversine.

“Fórmula de Haversine: calcula la distancia geográfica en la tierra. Si tiene dos valores diferentes de latitud y longitud de dos puntos diferentes en la tierra, entonces, con la ayuda de la fórmula de Haversine, puede calcular fácilmente la distancia del círculo máximo (la distancia más corta entre dos puntos en la superficie de una esfera).”

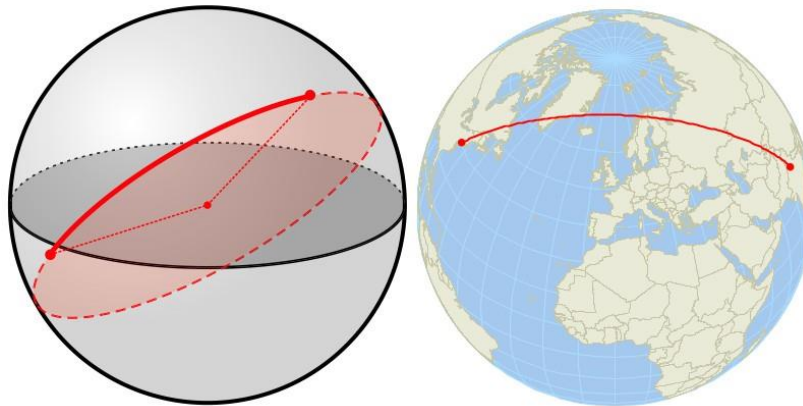


Figura 1. Distancia de del círculo máximo.

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

Fuente: <https://www.igismap.com/haversine-formula-calculate-geographic-distance-earth/>

```

% Usando formula de Haversine.
% https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html

function d = distLatLon(lat1, lon1, lat2, lon2)
    R = 6371e3;
    teta1 = lat1 * pi/180;
    teta2 = lat2 * pi/180;
    deltaTeta = (lat2 - lat1) * pi/180;
    deltaLong = (lon2 - lon1) * pi/180;
    a = sin(deltaTeta/2) * sin(deltaTeta/2) + cos(teta1) * cos(teta2) * sin(delta
Long/2) * sin(deltaLong/2);
    c = 2 * atan2(sqrt(a), sqrt(1 - a));
    d = R * c;
end

```

Código 1. Como se calcula la distancia de Haversine.

Luego en el programa de MATLAB determiné una altura de vegetación para el perfil de paso, asumí que la vegetación tenía una altura de 10 metros.

Posteriormente calcule la curvatura de la tierra para un factor k de 1.33, de la siguiente forma:

$$H_m = 0.078 \frac{d_1 d_2}{k}$$

```

function Hm = curvatura(distancias, k)
    Hm = zeros(length(distancias), 1);
    distancia = distancias(length(distancias));
    for i = 1: length(distancias)
        d1 = distancias(i);
        d2 = distancia - d1;
        Hm(i) = 0.078 * d1 * d2 / k;
    end
end

```

Código 2. Como se calcula la curvatura de la tierra.

Luego calcule la Zona de Fresnel

$$R_m = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f D}}$$

```
function f = fresnel(distancias, frecuencia, distancia)
    f = zeros(length(distancias), 1);
    for i = 1: length(distancias)
        d1 = distancias(i);
        d2 = distancia - d1;
        f(i) = 17.3 * sqrt((d1*d2)/(frecuencia*distancia));
    end
end
```

Código 3. Como se calcula la Zona de Fresnel.

Luego multiplico este resultado por 0.6 para tener un clearance de un 60%.

Altura de las torres y Línea de vista. Establecer las alturas de torres deseadas, y calcular la pendiente del sistema, con fines de obtener la ecuación de la recta que une la línea de vista de ambas torres

$$H_{T1} = \text{Altura de torre 1}$$

$$H_{T2} = \text{Altura de torre 2}$$

$$N_{T1} = \text{Nivel de suelo en torre 1}$$

$$N_{T2} = \text{Nivel de suelo en torre 2}$$

$$D = \text{Longitud del enlace}$$

$$\text{Posición de torre 1} = p1 = (x1, y1) = (0, N_{T1} + H_{T1})$$

$$\text{Posición de torre 2} = p2 = (x2, y2) = (D, N_{T2} + H_{T2})$$

Posición punto más alto asumiendo que ambas torres están en cero =

$$p3 = (x3, y3)$$

Sabemos que para obtener una línea tenemos la siguiente formula:

$$y = m x + b$$

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} = \frac{y_3 - (N_{T1} + H_{T1})}{x_3 - 0} = \frac{y_3 - N_{T1} - H_{T1}}{x_3}$$

$$b = y_1 = N_{T1} + H_{T1}$$

Entonces como:

$$y(x) = m x + b$$

Tenemos:

$$y(x_2) = \frac{y_3 - N_{T1} - H_{T1}}{x_3} x_2 + N_{T1} + H_{T1} = y_2$$

Entonces sustituimos los valores de la torre 2.

$$\frac{y_3 - N_{T1} - H_{T1}}{x_3} D + N_{T1} + H_{T1} = N_{T2} + H_{T2}$$

Si asumimos que ambas torres son del mismo tamaño, se pueden sustraer de ambos lados de la ecuación:

$$H_{T2} = H_{T1} = H_T$$

$$H_T = y_3 - \frac{x_3}{D} (N_{T2} - N_{T1}) - N_{T1}$$

Formula para calcular la altura de la antena en las torres.

Finalmente grafique el perfil de paso mostrando el relieve, vegetación, zona de Fresnel y línea de vista, y atribuir un color diferente a cada elemento de la gráfica y los detalle en una leyenda.

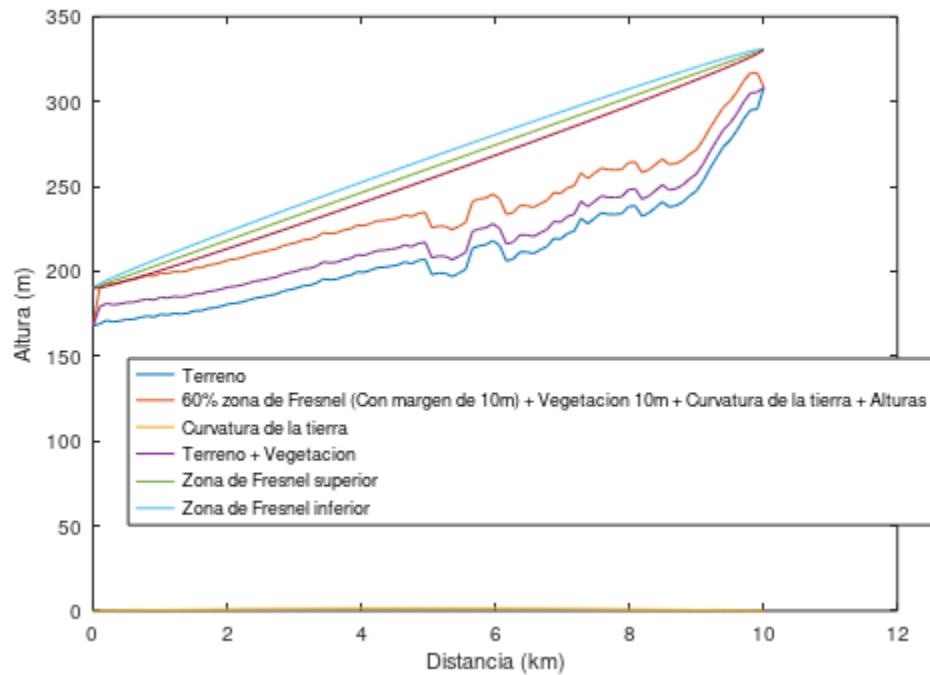


Figura 2. Perfil de paso.

Conclusión

Los resultados fueron los esperados ya que de forma sencilla ahora podemos generar un perfil de paso entre dos puntos. Para generar el perfil de paso utilizando los programas creado en esta práctica de laboratorio, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Ejecutar el código de JS colocando en las variables llamadas inicio y fin, los puntos con los cuales se quiere calcular el perfil de paso (Se generará un archivo llamada data.csv).
2. Colocar el archivo generado en la carpeta de los archivos de MATLAB y ejecutarlos.

Como se puede ver es bastante fácil de utilizar, y facilita mucho el desarrollo de un enlace.

Anexos

No todos los archivos creados para esta práctica se encuentran aquí, como por ejemplo “fresnel.m”, estos archivos están anexados pero fuera de este documento.

Anexo 1

Código de JavaScript para obtener el mapa de elevación.

```
const muestras = 100;

const inicio = {
  lat: 19.400439,
  lng: -70.601592,
};

const fin = {
  lat: 19.4904599556102,
  lng: -70.60068578196054,
};

function initMap() {
  const elevator = new google.maps.ElevationService();
  console.log("Iniciando.");

  const camino = [inicio, fin];
  elevator.getElevationAlongPath({ path: camino, samples: muestras }, guardar);
}

function guardar(elevations, status) {

  if (status !== "OK") {
    console.log("Error: estado no OK.");
    return;
  }

  let csvContent = "data:text/csv;charset=utf-8,";

  for (let i = 0; i < elevations.length; i++) {
    const punto = elevations[i].location.toJSON();
    csvContent += elevations[i].elevation + "," + punto.lat + "," + punto.lng + "
\n";
  }

  const encodedUri = encodeURIComponent(csvContent);
```

```

    download("data.csv", encodedUri);
}

function download(filename, text) {
    var element = document.createElement('a');
    element.setAttribute('href', text);
    element.setAttribute('download', filename);

    element.style.display = 'none';
    document.body.appendChild(element);
    element.click();
    document.body.removeChild(element);
}

```

Anexo 2

Código de MATLAB.

```

% Distancias en km

punto1 = [19.400439 -70.601592];
punto2 = [19.4904599556102 -70.60068578196054];
distancia = distLatLon(punto1(1), punto1(2), punto2(1), punto2(2))
distancia = distancia/1000; % Convertir a km.

distancias0 = linspace(0, distancia, 100);

% Distancia en km

distancia0 = distancias0(length(distancias0));

% Alturas metros

data = csvread("data.csv");
alturas0 = data(:, 1);

% Frecuencia en GHz

frecuencia0 = 7

% Vegetacion (10 m)

vegetacion = 10

% Factor k

```



```

k = 1.33

disp("Zona de fresnel:")

f = fresnel(distancias0, frecuencia0, distancia0)

disp("60% de la zona de fresnel + 10m:")

f6 = 0.6 * f + 10

% Curvatura de la tierra tomando en cuenta el factor K.

disp("Curvatura Hm:")
Hm = curvatura(distancias0, k)

% Vegetacion asumimos que es de 10 m
vegetacion = 10;

disp("h + 60% Rm + 10m + Hm:")
final = Hm + f6 + vegetacion

final(1) = 0;
final(length(final)) = 0;

terrenoVegetacion = alturas0 + vegetacion;

% Quitar arboles en la base de las Antenas.
terrenoVegetacion(1) = alturas0(1);
terrenoVegetacion(length(terrenoVegetacion)) = alturas0(length(alturas0));

final = final + alturas0;

% Calculado linea
nTorre1 = alturas0(1);
nTorre2 = alturas0(length(alturas0));

torre1 = [0 nTorre1];
torre2 = [distancia0 nTorre2];

m = (torre1(2) - torre2(2)) / (torre1(1) - torre2(1));
b = torre1(2);

y = m * distancias0 + b;
y = y';

```

```

figure(1)
terrenoT = final - y;
plot(terrenoT)

% Nivel del suelo en las torres
[alturaMaximaTerrenoT indx] = max(terrenoT)
alturaMaxima = final(indx);

dm = distancias0(indx);
dl = distancia0;

alturaTorres = -(dm/dl) * (nTorre2 - nTorre1) + alturaMaxima - nTorre1;

torre1 = [0 nTorre1 + alturaTorres];
torre2 = [distancia0 nTorre2 + alturaTorres];

m = (torre1(2) - torre2(2)) / (torre1(1) - torre2(1));
b = torre1(2);
y = m * distancias0 + b;

fresUp    = y' + 0.6 * f;
fresDown  = y' - 0.6 * f;
figure(2)
plot(distancias0, alturas0, distancias0, final, distancias0, Hm, distancias0, terrenoVegetacion, distancias0, y, distancias0, fresUp, distancias0, fresDown)
legend('Terreno', '60% zona de Fresnel (Con margen de 10m) + Vegetacion 10m + Curvatura de la tierra + Alturas', 'Curvatura de la tierra', 'Terreno + Vegetacion', 'Zona de Fresnel superior', 'Zona de Fresnel inferior')

```