Chương 3: Phương trình Cường độ tín hiệu phụ thuộc Khoảng cách

3.1 RSSI Distance Model

Các mô hình suy hao phổ biến bao gồm các mô hình suy hao trong không gian tự do, mô hình suy hao theo khoảng cách logarith. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng đặc tính suy hao của tín hiệu tuân theo phân phối xác suất Loga chuẩn (Lognormal Distribution). Đo khoảng cách dựa trên RSSI thường sủ dụng mô hình suy hao theo khoảng các logarith. Phương trình cơ bản của hệ thống như sau:

$$RSSI_d = -10 * n * \log(\frac{d}{d_0}) + A + \xi \quad (3.1)$$

Trong đó:

$RSSI_d$là khoảng cách giữa Beacon và ESP ở khoảng cách d.

n là tham số suy hao.

d_0 là khoảng cách tham chiếu.

A là cường độ tín hiệu tại khoảng cách tham chiếu.

ξ là sai số ngẫu nhiên phân phối Gaussian với trung bình 0, phương sai σ^2.

Để thuận tiện trong tính toán, cho $d_0 = 1m$ khi đo (1) trở thành:

$$RSSI_d = -10 * n * \log(d) + A + \xi \quad (3.2)$$

Tham số suy hao (PathLoss Exponent) là tham số trong sự suy hao về năng lượng của sóng điện từ khi nó lan truyền trong không gian. Pathloss Exponent 1 phần phản ánh được sự tác động của môi trường đến khả năng lan truyền của tín hiệu. Với mỗi môi trường khác nhau thì Pathloss Exponent sẽ khác nhau.

Environment	Exponent	Environment	Exponent
Free space	2	In Building line of site	1.6-1.8
Urban area cellualr radio	2.7-3.5	Obstructed in building	4-6
Shadowed urban cellualr radio	3-5	Obstructed in Factories	2-3

Bảng 3.1: Tham số Pathloss tương ứng với từng môi trường

3.2 RSSI Position Model

Với phương trình (3.2) ta có được khoảng cách từ thiết bị đến điểm tham chiếu. Vậy nếu có nhiều điểm tham chiếu cho thiết bị đó ta sẽ dễ dàng xác định được vị trí của thiết bị so với các điểm tham chiếu. Nếu ta xác định trên không gian 2D thì sẽ cần ít nhất 3 phương trình, còn nếu là không gian 3D sẽ là 4 phương trình.

Giả sử ta có n điểm tham chiếu với vị trí đã bết trong không gian, nếu ta biết được khoảng cách tương ứng của thiết bị đến n điểm tham chiếu đó thì ta có thể thành lập hệ phương trình như sau:

$$\begin{cases} (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 = d_1^2 \\ (x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 = d_2^2 \\ \vdots \\ (x-x_n)^2 + (y-y_n)^2 = d_n^2 \end{cases} \tag{3.3}$$

Trong đó

$[x\ y]$ là vị trí của thiết bị.

$[x_i\ y_i]$ là vị trí tham chiếu thứ i.

n là số vị trí tham chiếu.

d_i là khoảng cách tham chiếu thứ i.

Hệ phương trình (3.3) là hệ phương trình đường tròn, để giải hệ phương trình này, ta chọn 1 phương trình làm gốc, sau đó lấy tất cả phương trình còn lại trừ cho phương trình đó. Giả sử ta chọn phương trình thứ n, khi đó ta có:

$$\begin{cases} (x-x_1)^2 - (x-x_n)^2 + (y-y_1)^2 - (y-y_n)^2 = d_1^2 - d_n^2 \\ (x-x_2)^2 - (x-x_n)^2 + (y-y_2)^2 - (y-y_n)^2 = d_2^2 - d_n^2 \\ \vdots \\ (x-x_{n-1})^2 - (x-x_n)^2 + (y-y_{n-1})^2 - (y-y_n)^2 = d_{n-1}^2 - d_n^2 \end{cases} \tag{3.4}$$

Hệ trên có $n-1$ phương trình. Mỗi phương trình trong hệ (3.4) đều có dạng:

$$(x-x_i)^2 - (x-x_n)^2 + (y-y_i)^2 - (y-y_n)^2 = d_i^2 - d_n^2 \tag{3.5}$$

Với $i\ \in [1, n-1]$.

Triển khai (3.5) ta được:

$$x_i^2 - x_n^2 + y_i^2 - {}_n^2y + 2(x_i - x_n)x - 2(y_i - y_n)y = d_i^2 - d_n^2 \tag{3.6}$$

Viết lại phương trình (3.6) theo dạng $A_i * Z = B_i$ ta được:

$$\begin{gathered} A_i = [2(x_i - x_n) \quad 2(y_i - y_n)] \\ B_i = x_i^2 - x_n^2 + y_i^2 - y_n^2 + d_i^2 - d_n^2 \\ Z = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \end{gathered} \tag{3.7}$$

Vậy nếu viết hệ phương trình (3,4) theo dạng AZ=B thì ta sẽ có như sau:

$$\begin{cases} x_1^2 - x_n^2 + y_1^2 - {}_n^2y + 2(x_1 - x_n)x - 2(y_1 - y_n)y = d_1^2 - d_n^2 \\ x_2^2 - x_n^2 + y_2^2 - {}_n^2y + 2(x_2 - x_n)x - 2(y_2 - y_n)y = d_2^2 - d_n^2 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 - x_n^2 + y_{n-1}^2 - {}_n^2y + 2(x_{n-1} - x_n)x - 2(y_{n-1} - y_n)y = d_{n-1}^2 - d_n^2 \end{cases} \tag{3.8}$$

$$\begin{gathered} A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_n) & 2(y_1 - y_n) \\ 2(x_2 - x_n) & 2(y_2 - y_n) \\ & \vdots \\ 2(x_{n-1} - x_n) & 2(y_{n-1} - y_n) \end{bmatrix} \\ B = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^2 - x_n^2 + y_1^2 - y_n^2 + d_1^2 - d_n^2 \\ x_2^2 - x_n^2 + y_2^2 - y_n^2 + d_2^2 - d_n^2 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 - x_n^2 + y_{n-1}^2 - y_n^2 + d_{n-1}^2 - d_n^2 \end{bmatrix} \end{gathered} \tag{3.9}$$

Sau khi biến đổi từ hệ phương trình (3.4) thành phương trình (3.8) ta thấy các phương trình trong hệ giờ đã trở thành phương trình bậc nhất hai biến số. Giải hệ phương trình này dễ hơn giải phương trình (3.4)

Kết quả của hệ phương trình (3.8) có thể được tính toán bằng công thức sau:

$$\hat{Z} = (A^T A)^{-1} A^T B \tag{3.10}$$

Bởi vì luôn có tác động nhiễu từ các phép đo cũng như môi trường nên $\hat{Z}$ chỉ là kết quả gần đúng của hệ (3.4). Vì vậy ta gọi Δd_i là độ lệch khoảng cách của từng phương trình. Ta xem như Δd_i là 1 thước đo để xác định độ chính xác của kết quả bài toán.