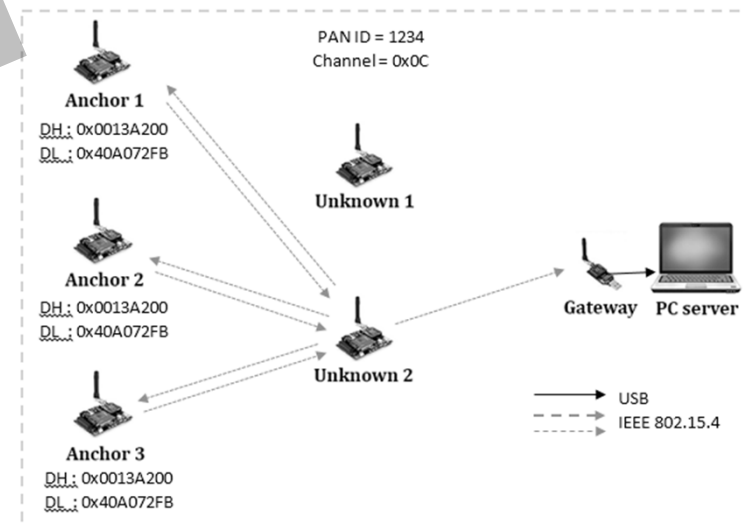




Teknik Lokalisasi pada Jaringan Sensor Nirkabel

Bagian II (Kalkulasi Posisi)

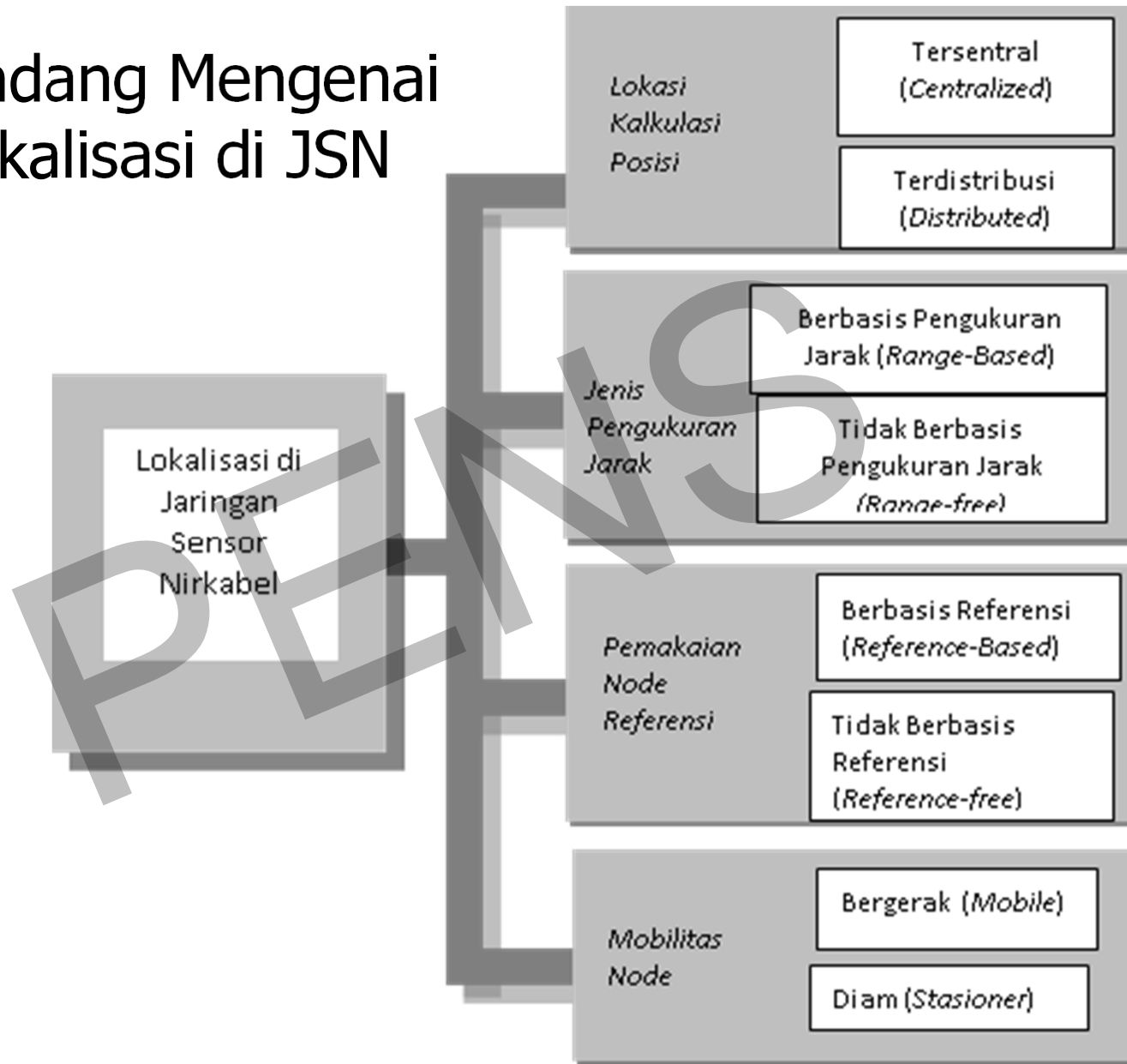
Prima Kristalina
2017



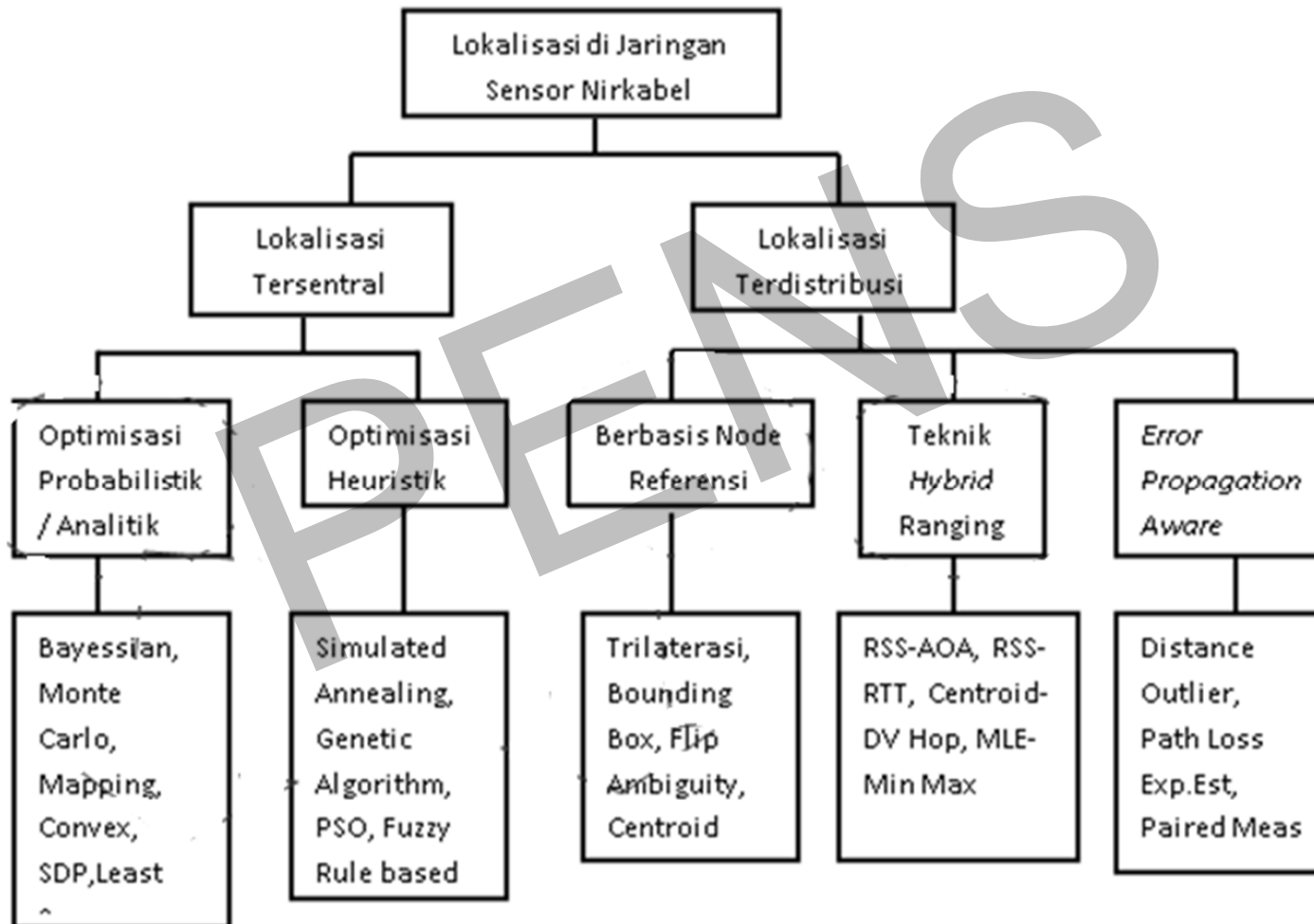
Overview

- Merupakan fase untuk menghitung estimasi posisi
- Pada Teknik ranging, hasil dari estimasi jarak merupakan input dari fase estimasi posisi bersama-sama dengan koordinat dari node referensi
- Hasil estimasi posisi berupa koordinat (biasanya koordinat 2D atau 3D)

Sudut Pandang Mengenai Skema Lokalisasi di JSN

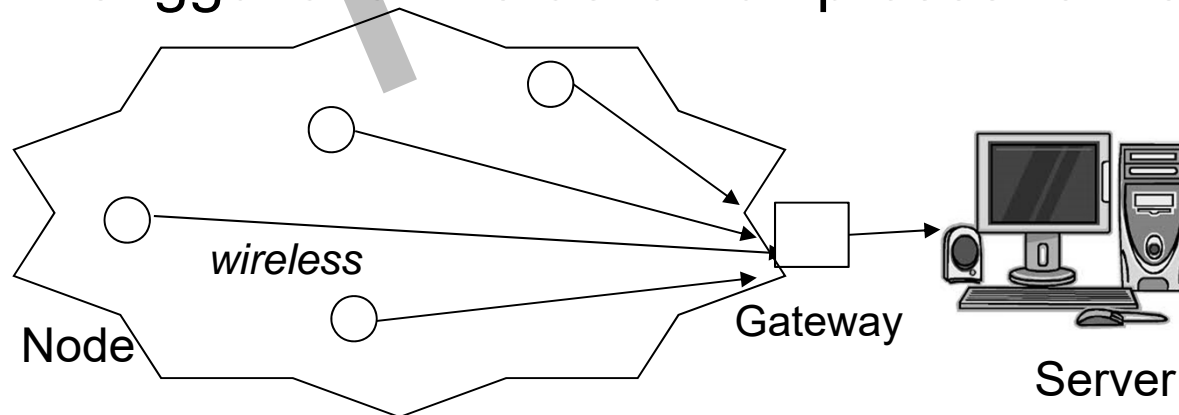


Taksonomi Skema Lokalisasi



Lokalisasi Tersentral

- Node-node sensor mengirim informasi ke server pada periode waktu tertentu
- Berdasarkan informasi dari masing-masing node, server melakukan kalkulasi posisi
- Dilanjutkan dengan refinement untuk mendapatkan akurasi yang optimal
- Model ini tidak membatasi supply daya, biasanya menggunakan iterasi untuk proses refinement nya

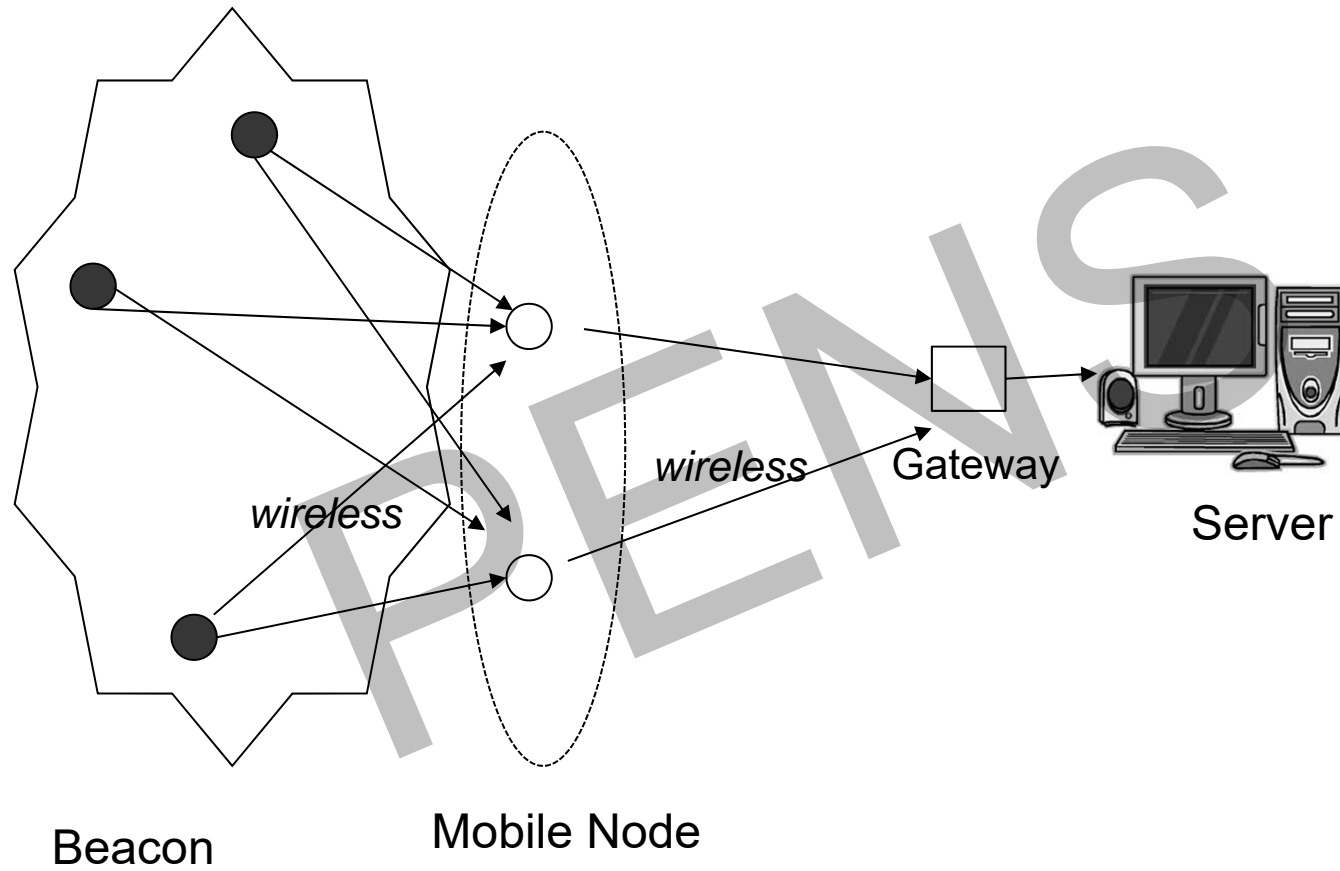


Lokalisasi Terdistribusi (1)

- Dengan Teknik ranging, node-node sensor mendapatkan informasi dari node referensi (disebut beacon/anchor) untuk dijadikan estimasi jarak antara node tersebut dengan beacon nya
- Kalkulasi posisi dikerjakan di masing-masing node sensor
- Ada keterbatasan supply daya, memory dan model komunikasi karena keterbatasan fungsional dari node sensor itu sendiri
- Perlu algoritma lokalisasi yang simple, tidak perlu terlalu akurat
- Hasil kalkulasi posisi dikirimkan ke server. Sehingga server hanya menerima data matang estimasi posisi
- Proses refinement dapat dilanjutkan di server

Lokalisasi Terdistribusi

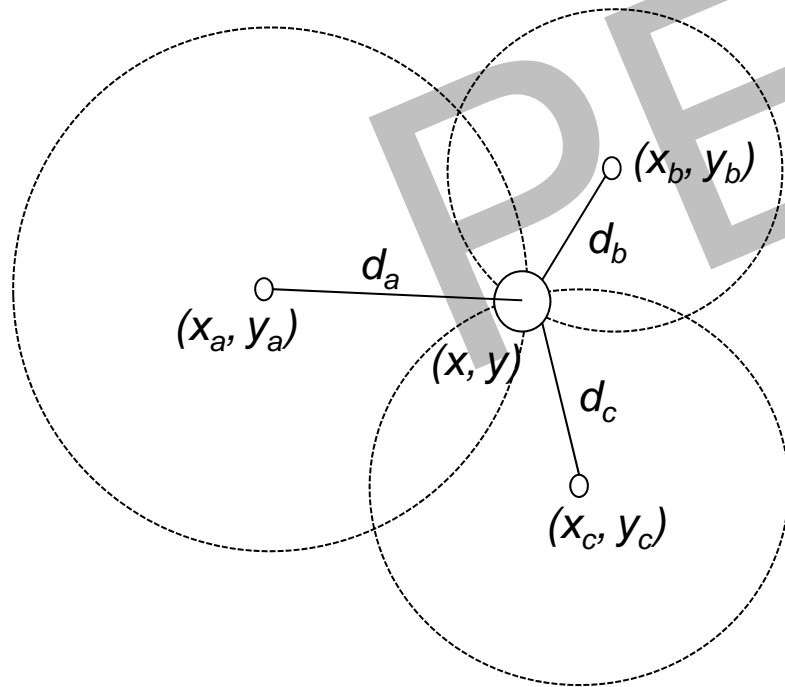
(2)



Lokalisasi Terdistribusi Berbasis Referensi (1)

1. Trilaterasi

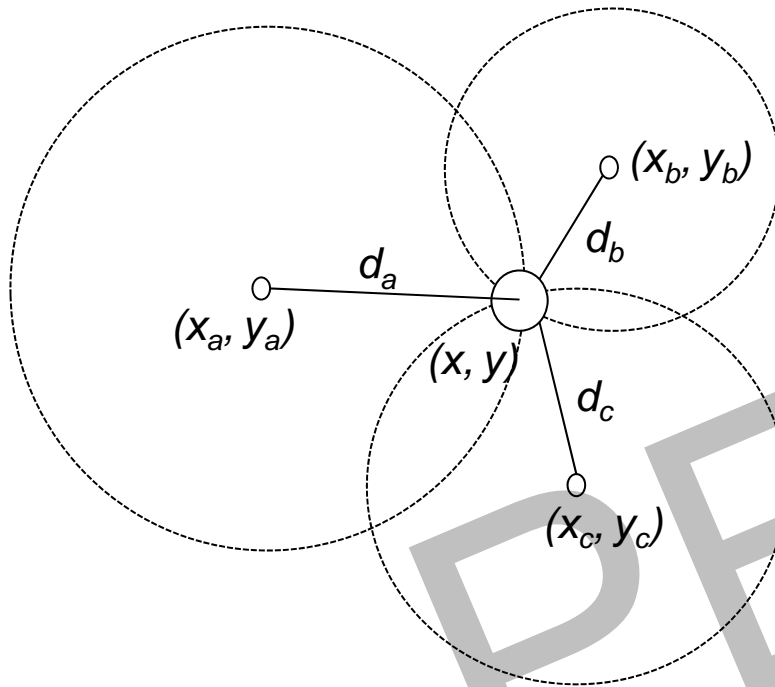
Menggunakan 3 referensi yang diketahui koordinati posisinya (dengan GPS atau manual)



Jika:

1. $\{(x_a, y_a), (x_b, y_b), (x_c, y_c)\}$ adalah koordinat referensi yang diketahui
2. $\{d_a, d_b, d_c\}$ adalah hasil estimasi jarak antara node Tx dan Rx dari fase sebelumnya

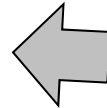
Lokalisasi Terdistribusi Berbasis Referensi (2)



Didapatkan koordinat estimasi (x, y) dari titik potong adalah:

$$y = \frac{V_b(x_c - x_b) - V_a(x_a - x_b)}{(y_a - y_b)(x_c - x_b) - (y_c - y_b)(x_a - x_b)}$$

$$x = \frac{V_b(y_c - y_b) - V_a(y_a - y_b)}{(x_a - x_b)(y_c - y_b) - (x_c - x_b)(y_a - y_b)}$$



Persamaan jarak antar 2 titik dinyatakan sbg:

$$\hat{d}_a^2 = (x_a - x)^2 + (y_a - y)^2$$

$$\hat{d}_b^2 = (x_b - x)^2 + (y_b - y)^2$$

$$\hat{d}_c^2 = (x_c - x)^2 + (y_c - y)^2$$

Substitusikan masing-masing persamaan:

$$\begin{aligned} d_b^2 - d_a^2 &= \{(x - x_b)^2 + (y - y_b)^2\} - \{(x - x_a)^2 + (y - y_a)^2\} \\ &= \{2x(x_a - x_b) + x_b^2 - x_a^2 + 2y(y_a - y_b) + y_b^2 - y_a^2\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_b^2 - d_c^2 &= \{(x - x_b)^2 + (y - y_b)^2\} - \{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2\} \\ &= \{2x(x_c - x_b) + (x_b^2 - x_c^2) + 2y(y_c - y_b) + y_b^2 - y_c^2\} \end{aligned}$$

$$x(x_c - x_b) + y(y_c - y_b) = \frac{(x_c^2 - x_b^2) + (y_c^2 - y_b^2) + (d_b^2 - d_c^2)}{2} = V_a$$

$$x(x_a - x_b) + y(y_a - y_b) = \frac{(x_a^2 - x_b^2) + (y_a^2 - y_b^2) + (d_b^2 - d_a^2)}{2} = V_b$$

Lokalisasi Terdistribusi Berbasis Referensi (3)

2. Multilaterasi

Menggunakan lebih dari 3 titik referensi untuk mendapatkan estimasi posisi sebuah titik potong

$$\begin{aligned} 2x(x_a - x_b) + 2y(y_a - y_b) &= x_a^2 - x_b^2 + y_a^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_a^2 \\ 2x(x_c - x_b) + 2y(y_c - y_b) &= x_c^2 - x_b^2 + y_c^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_c^2 \\ 2x(x_d - x_b) + 2y(y_d - y_b) &= x_d^2 - x_b^2 + y_d^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_d^2 \\ &\vdots \\ 2x(x_m - x_b) + 2y(y_m - y_b) &= x_m^2 - x_b^2 + y_m^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_m^2 \end{aligned}$$

Dalam bentuk matriks:

$$2 \begin{bmatrix} (x_a - x_b) & (y_a - y_b) \\ (x_c - x_b) & (y_c - y_b) \\ (x_d - x_b) & (y_d - y_b) \\ \vdots & \vdots \\ (x_m - x_b) & (y_m - y_b) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_a^2 - x_b^2 + y_a^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_a^2 \\ x_c^2 - x_b^2 + y_c^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_c^2 \\ x_d^2 - x_b^2 + y_d^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_d^2 \\ \vdots \\ x_m^2 - x_b^2 + y_m^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_m^2 \end{bmatrix}$$

Jika:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} (x_a - x_b) & (y_a - y_b) \\ (x_c - x_b) & (y_c - y_b) \\ (x_d - x_b) & (y_d - y_b) \\ \vdots & \vdots \\ (x_m - x_b) & (y_m - y_b) \end{bmatrix} \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} x_a^2 - x_b^2 + y_a^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_a^2 \\ x_c^2 - x_b^2 + y_c^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_c^2 \\ x_d^2 - x_b^2 + y_d^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_d^2 \\ \vdots \\ x_m^2 - x_b^2 + y_m^2 - y_b^2 + d_b^2 - d_m^2 \end{bmatrix}$$

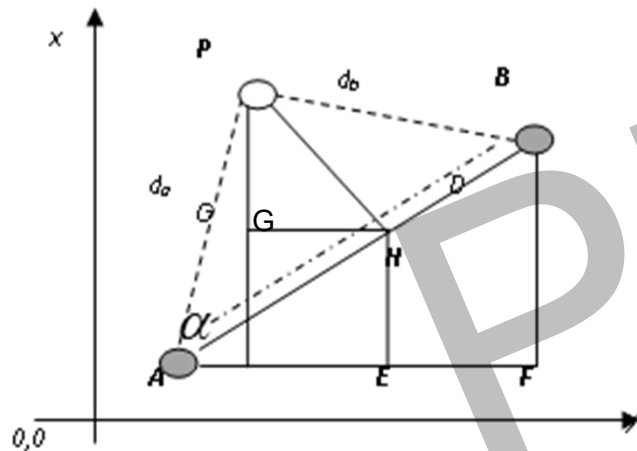
maka koordinat estimasi posisi titik potong adalah:

$$\mathbf{x} = \text{inv}(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{B}$$

Lokalisasi Terdistribusi Berbasis Referensi (4)

3. Interseksi Linier

Menggunakan hanya 2 titik referensi untuk mendapatkan estimasi posisi sebuah titik dengan metode segitiga sebangun



diketahui:

$\{d_A, d_B\} \rightarrow$ dari pengukuran

$\{(x_A, y_A), (x_B, y_B)\} \rightarrow$ koordinat titik referensi

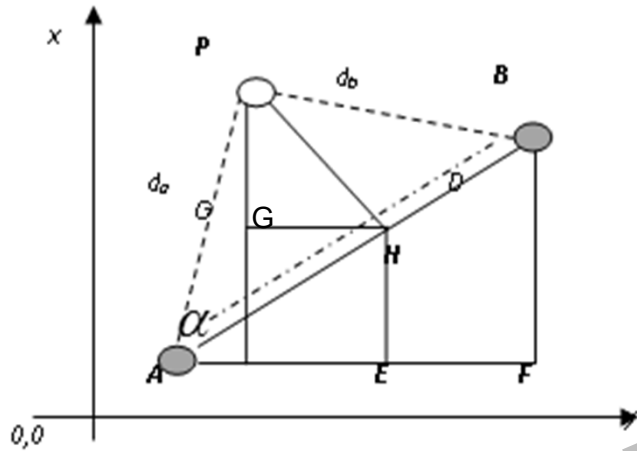
$$\hat{x}_P = x_A + AE - GH \quad BF = y_B - y_A$$

$$\hat{y}_P = y_A + HE + PG \quad AF = x_B - x_A$$

$$D = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2} \quad \cos(\alpha) = \frac{d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2Dd_a}$$

$$AH = d_a \cos(\alpha) = \frac{d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2D} \quad PH = \sqrt{d_a^2 - AH^2}$$

Lokalisasi Terdistribusi Berbasis Referensi (5)



Penurunan persamaan segitiga sebangun:

$$\frac{HE}{BF} = \frac{AE}{AF} = \frac{AH}{AB} \rightarrow HE = \frac{BF \cdot AH}{AB} = \frac{(y_B - y_A) d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2D} = \frac{d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2D^2} (y_B - y_A)$$

$$AE = \frac{AF \cdot AH}{AB} = \frac{(x_B - x_A) d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2D} = \frac{d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2D^2} (x_B - x_A)$$

$$\frac{PG}{AF} = \frac{GH}{BF} = \frac{PH}{AB} \rightarrow PG = \frac{AF \cdot PH}{AB} = \frac{(x_B - x_A) \sqrt{d_a^2 - \left(\frac{d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2D}\right)^2}}{D}$$

$$= (x_B - x_A) \sqrt{\frac{d_a^2}{D^2} - \left(\frac{d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2D^2}\right)^2}$$

$$GH = \frac{BF \cdot PH}{AB} = (y_B - y_A) \sqrt{\frac{d_a^2}{D^2} - \left(\frac{d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2D^2}\right)^2}$$

Koordinat posisi titik P menjadi:

$$\hat{x}_P = x_A + AE - GH$$

$$= L(x_B - x_A) - H(y_B - y_A)$$

$$\hat{y}_P = y_A + HE + PG$$

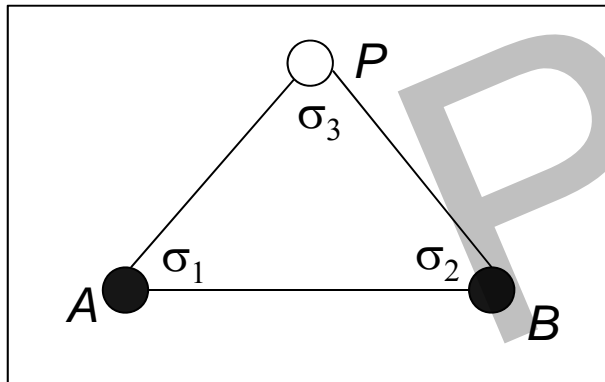
$$= L(y_B - y_A) + H(x_B - x_A)$$

dengan: $L = \frac{d_a^2 + D^2 - d_b^2}{2D^2}$ $H = \sqrt{\frac{d_a^2}{D^2} - L^2}$

Lokalisasi Terdistribusi Berbasis Referensi (6)

4. Triangulasi

Menggunakan hanya 2 titik referensi untuk mendapatkan estimasi posisi sebuah titik dengan mengukur sudut kedatangan pada titik referensinya



diketahui $\{(x_A, y_A), (x_B, y_B)\}$

$$AB = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$$

σ_1 dan σ_2 didapatkan dari pengukuran sudut kedatangan sinyal dari P ke referensi A dan B

$$\frac{\sin(\sigma_1)}{BP} = \frac{\sin(\sigma_2)}{AP} = \frac{\sin(\sigma_3)}{AB}$$

$$\sigma_3 = 180^\circ - \sigma_1 - \sigma_2$$

$$AP = \frac{AB \sin(\sigma_2)}{\sin(180^\circ - \sigma_1 - \sigma_2)} \rightarrow AP = \sqrt{(x_A - x_P)^2 + (y_A - y_P)^2}$$

$$BP = \frac{AB \sin(\sigma_1)}{\sin(180^\circ - \sigma_1 - \sigma_2)} \rightarrow BP = \sqrt{(x_B - x_P)^2 + (y_B - y_P)^2}$$

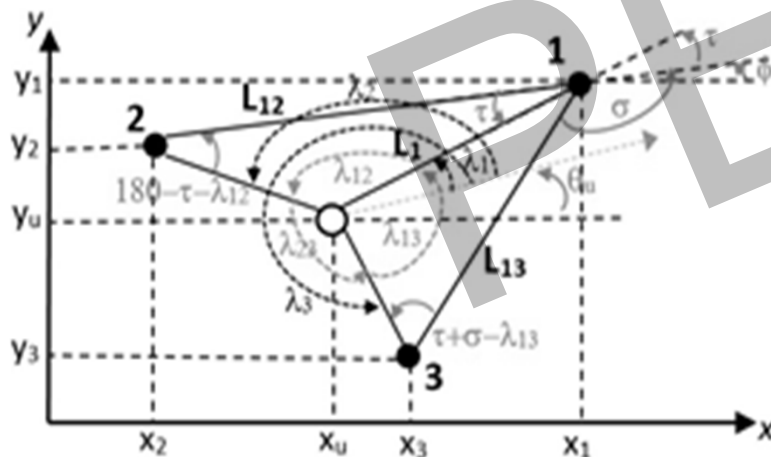
Substitusikan AP dan BP untuk mendapatkan (x_p, y_p)

Lokalisasi Terdistribusi Berbasis Referensi (7)

5. Geometric Triangulation

Menggunakan sudut kedatangan sinyal untuk mendapatkan estimasi posisi sebuah titik terhadap 3 titik referensi di dekatnya (tanpa mengetahui jarak terhadap titik referensinya)

Diketahui koordinat cartesian dari 3 titik referensi: $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)\}$

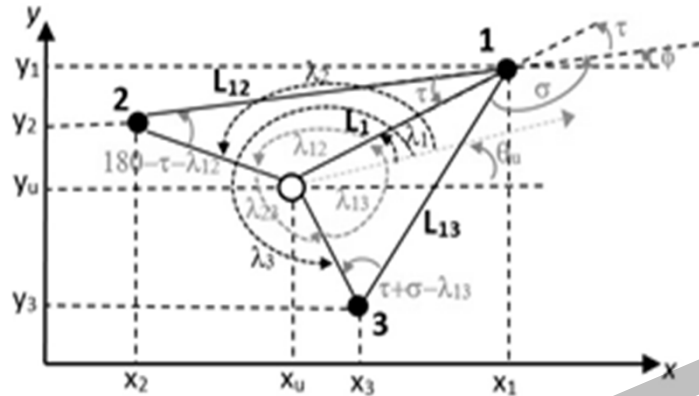


$$L_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

$$L_{13} = \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2}$$

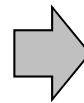
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ adalah sudut-sudut dari node referensi terhadap orientasi dari mobile node
 $\phi \rightarrow$ sudut yg dibentuk dari interseksi garis yg menghubungkan node referensi 1 dan 2, thd sumbu x
 $\sigma \rightarrow$ sudut yg dibentuk dari interseksi garis yg menghubungkan node 1 dan 2, dan node 1 dan 3

Lokalisasi Terdistribusi Berbasis Referensi (8)



$\lambda_{13} = 360^\circ + (\lambda_1 - \lambda_3) \rightarrow$ sudut kedatangan dari referensi 1 dan 3
 $\lambda_{12} = \lambda_1 - \lambda_2 \rightarrow$ sudut kedatangan dari referensi 1 dan 2

Koordinat posisi mobile node menjadi:



$$p = \frac{L_1^{13}}{L_1^{12}} = \frac{L_{13}/\sin(\lambda_{13})}{L_{12}/\sin(\lambda_{12})} = \frac{L_{13} \sin(\lambda_{12})}{L_{12} \sin(\lambda_{13})}$$

$$\tau = \tan^{-1} \left[\frac{\sin(\lambda_{12}) - p \sin(\gamma)}{p \cos(\gamma) - \cos(\lambda_{12})} \right]$$

$$= \tan^{-1} \left[\frac{\sin(\lambda_{12}) [L_{12} \sin(\lambda_{13}) - L_{31} \sin(\gamma)]}{L_{31} \sin(\lambda_{12}) \cos(\gamma) - L_{12} \sin(\lambda_{13}) \cos(\lambda_{12})} \right]$$

jarak dari mobile node ke node referensi 1

$$L_1 = \frac{L_{12} \sin(\tau + \lambda_{12})}{\sin(\lambda_{12})}$$

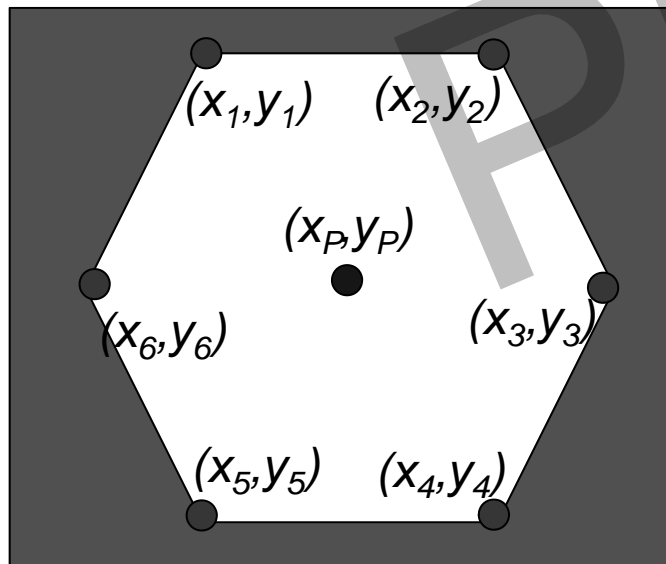
$$\cos(90^\circ - (\varphi + \tau)) = \frac{(y_1 - y_u)}{L_1} \rightarrow y_u = y_1 - L_1 \sin(\varphi + \tau)$$

$$\sin(90^\circ - (\varphi + \tau)) = \frac{(x_1 - x_u)}{L_1} \rightarrow x_u = x_1 - L_1 \cos(\varphi + \tau)$$

Skema Lokalisasi Range Free (1)

1. Centroid

- Menentukan koordinat sebuah mobile node berdasarkan rata-rata posisi dari node-node referensi di sekitarnya
- Prinsip ini mengadopsi cara menentukan titik tengah sebuah hexagon



$$(x_p, y_p) = \frac{1}{N} [(x_1 + x_2 + \dots + x_N), (y_1 + y_2 + \dots + y_N)]$$

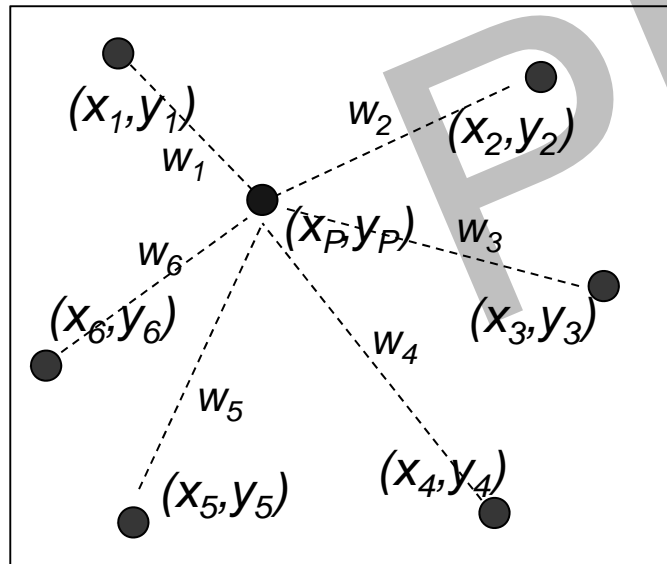
N = jumlah node referensi di sekitar mobile node

Nilai estimasi posisi node (x_p, y_p) akan akurat apabila posisi dari node tersebut tepat berada di tengah-tengah node-node referensinya

Skema Lokalisasi Range Free

(2)

Apabila posisi node (x_p, y_p) tidak tepat di tengah-tengah node-node referensinya, maka akurasi posisi node (x_p, y_p) dapat diperbaiki dengan menambahkan factor pembobot w sebagai pengali pada masing-masing koordinat referensinya



$$(x_p, y_p) = \frac{1}{\sum_{i=1}^N w_i} \left[\sum_{i=1}^N w_i x_i, \sum_{i=1}^N w_i y_i \right]$$

N = jumlah node referensi di sekitar mobile node

$$0 < w_i \leq 1$$

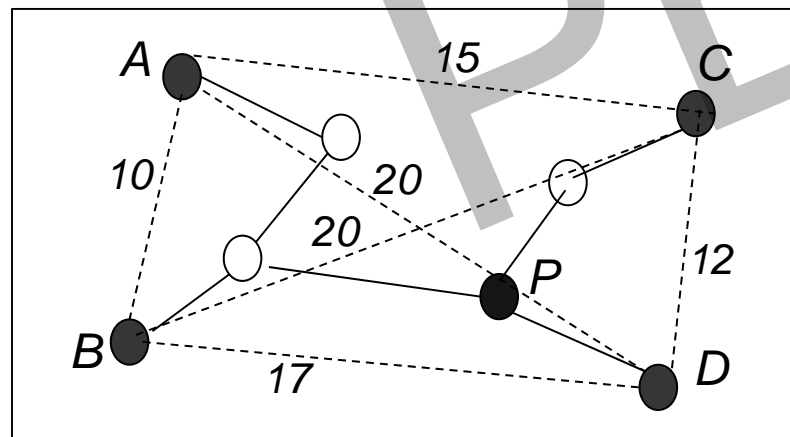
Biasanya nilai w bergantung pada *proximity* (kedekatan node referensi thd mobile node). Semakin dekat, semakin besar nilai w nya

Skema Lokalisasi Range Free

(3)

2. DV-Hop

- Algoritma ini menghitung jumlah hop antara node referensi dengan mobile node berdasarkan Distance Vector untuk mendapatkan jarak antara referensi dan mobile node
- Cocok dipakai untuk penentuan posisi node pada skala besar



- Jarak antar node referensi A, B, C, D dapat dihitung menggunakan rumus jarak antar 2 titik
- Dicari koordinat node $P (x_P, y_P)$

Skema Lokalisasi Range Free

(4)

$$H_i = \frac{\sum_{j=1}^M \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\sum_{j=1}^M h_{ij}}$$

cari nilai minimal H_i , gunakan sebagai faktor pengali masing-masing hop count menuju P

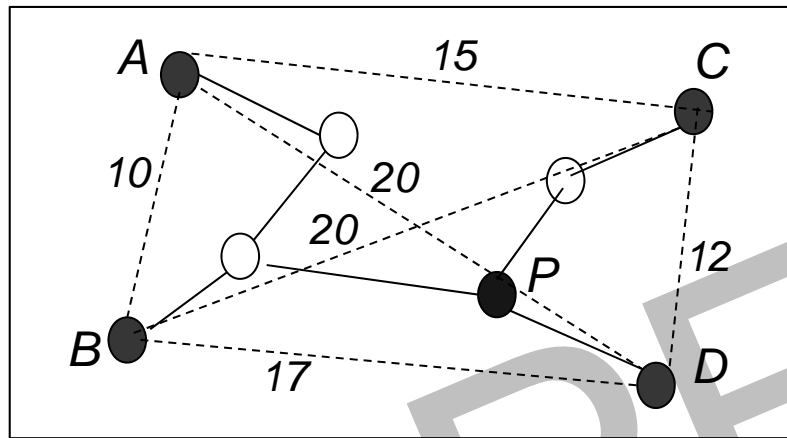
$$\hat{d}_{iP} = h_{iP} H_i$$

i = node referensi ke- i

h_{iP} = hop count antara referensi ke- i dan node P

H_i = Hop size node referensi ke- i

Skema Lokalisasi Range Free (5)



$$H_A = \frac{10 + 15 + 20}{3 + 5 + 4} = 3.75$$

$$H_B = \frac{10 + 20 + 17}{3 + 4 + 3} = 4.7$$

$$H_C = \frac{15 + 20 + 12}{5 + 4 + 3} = 3.92$$

$$H_D = \frac{12 + 20 + 17}{3 + 4 + 3} = 4.9$$

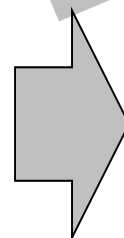
H minimal
adalah
 $H_A = 3.75$

$$\hat{d}_{AP} = 3 \times 3.75 = 11.25$$

$$\hat{d}_{BP} = 2 \times 3.75 = 7.5$$

$$\hat{d}_{CP} = 2 \times 3.75 = 7.5$$

$$\hat{d}_{DP} = 1 \times 3.75 = 3.75$$



Setelah jarak antara node referensi dengan node P diketahui, dan koordinat masing-masing node referensi $\{(x_A, y_A), (x_B, y_B), (x_C, y_C), (x_D, y_D)\}$ juga telah diketahui, maka koordinat node P dapat dicari menggunakan metode Multilaterasi

Skema Lokalisasi Fingerprint (1)

Menggunakan sejumlah besar database pengukuran untuk mengestimasi posisi obyek.

Ada 2 tahap pekerjaan:

1. Tahap OFF LINE → Tahap Pre Processing
2. Tahap ON LINE → Node unknown memasuki dan bergerak di daerah observasi

Skema Lokalisasi Fingerprint (2)

1. Tahap OFF LINE:

Melakukan pengukuran RSSI yang diterima dari masing-masing node referensi pada titik-titik koordinat tertentu yang telah diberi identitas, selanjutnya data hasil pengukuran pada tiap-tiap titik tersebut disimpan pada database

2. Tahap ON LINE:

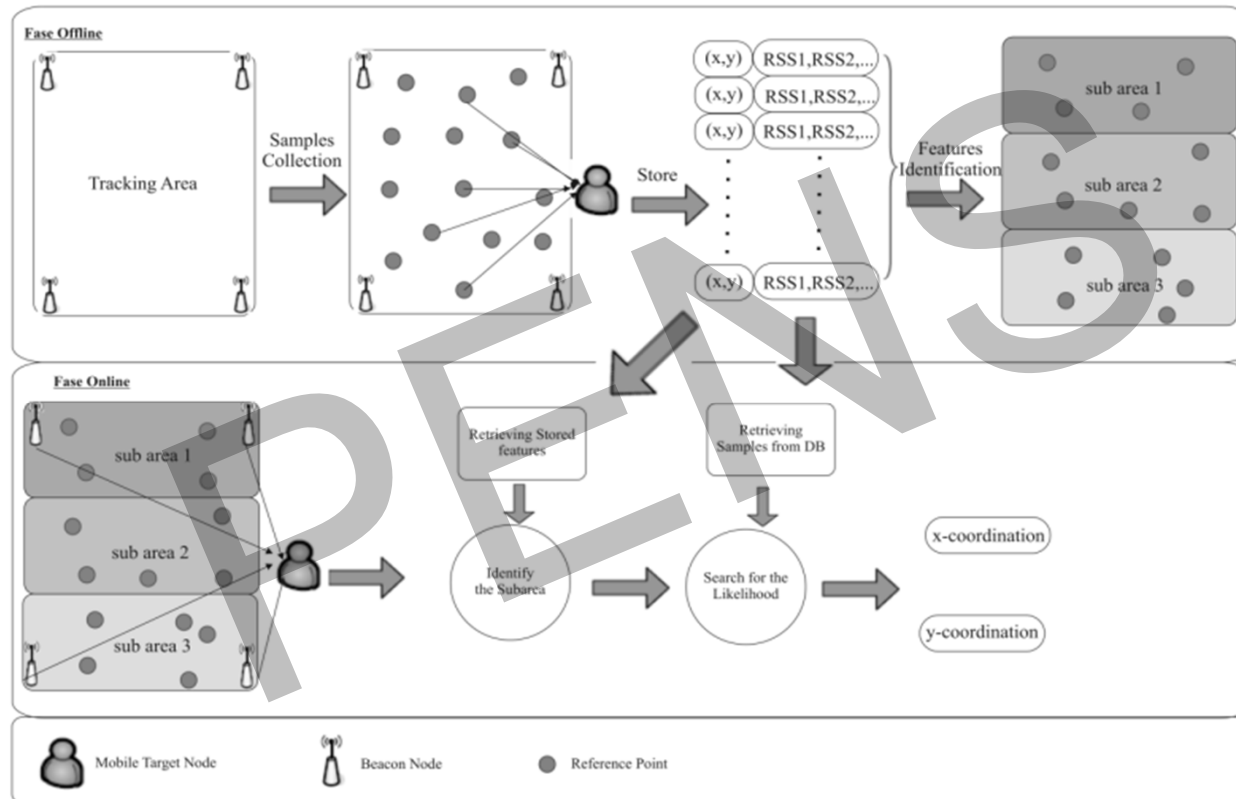
Node unknown menerima RSSI dari masing-masing node referensi.

3. Dilakukan tahap estimasi posisi, dengan membandingkan data hasil pengukuran pada database (OFF LINE) dengan data yang diterima node unknown (ON LINE).

Beberapa algoritma lokalisasi bisa digunakan di sini, misalkan: MDS (Multi Dimensional Scale), Trilaterasi, GDP (Geometric Dilution of Precision)

Skema Lokalisasi Fingerprint

(3)



Soal-soal Latihan

PENS