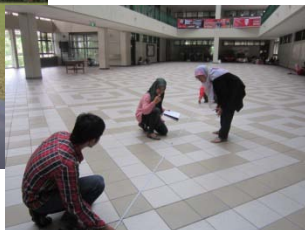


Fundamental Teknik Lokalisasi pada Jaringan Sensor Nirkabel

Oleh:

Prima Kristalina



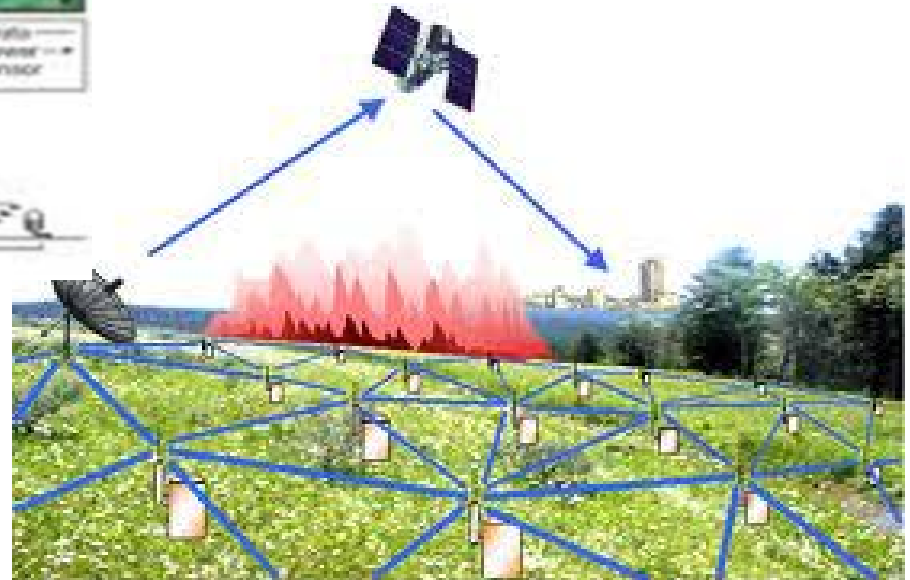
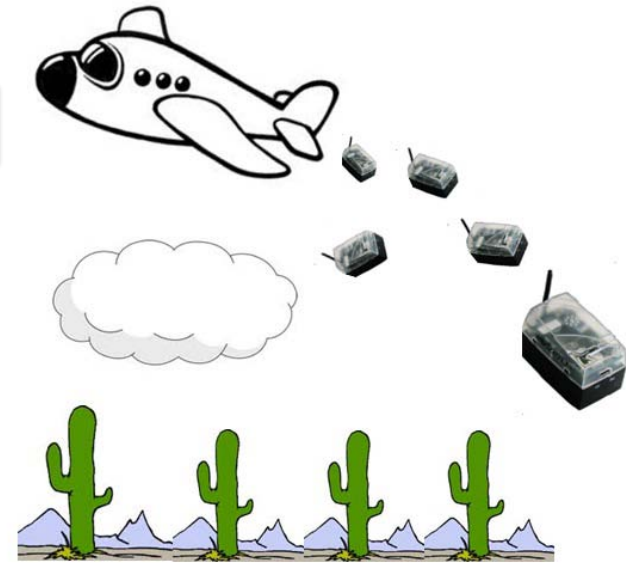
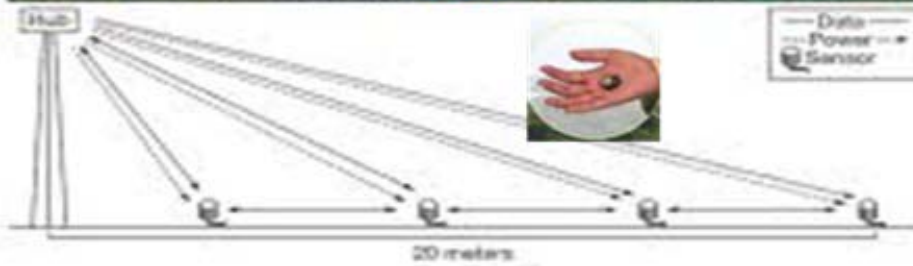
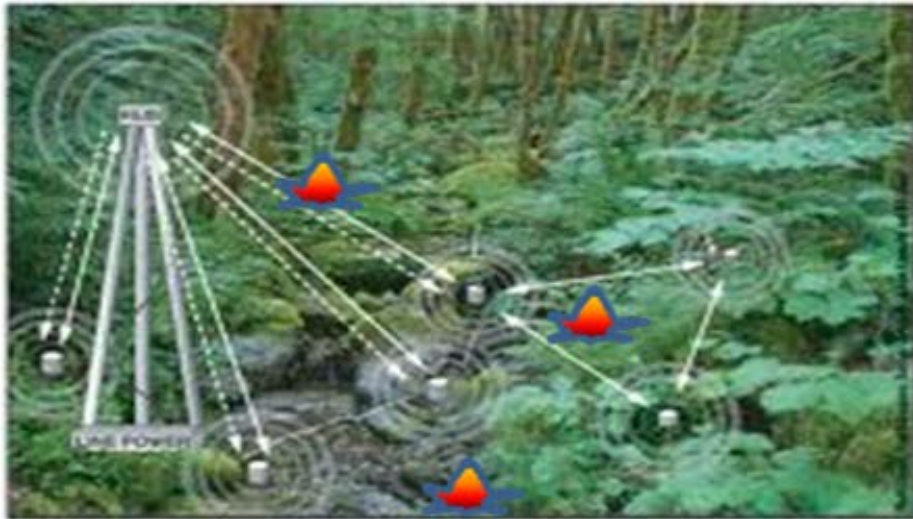
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS)

Oktober 2013

Dasar Jaringan Sensor Nirkabel (JSN)

- ✓ Jaringan sensor nirkabel adalah suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari kumpulan node sensor yang tersebar di suatu area untuk membangun koordinasi pemantauan kondisi fisik maupun lingkungan seperti suara, getaran/vibrasi, suhu, gerakan, polutan dsb.
- ✓ Aplikasi dari Jaringan Sensor Nirkabel ada banyak dan bervariasi, tapi umumnya adalah untuk monitoring, tracking dan controlling.
- ✓ Aplikasi spesifik dari wireless sensor network misalnya adalah pengontrolan reactor nuklir, pendeteksi api, dan monitoring lalu lintas.

Gambaran Aplikasi JSN



Beberapa teknik yang mendukung JSN

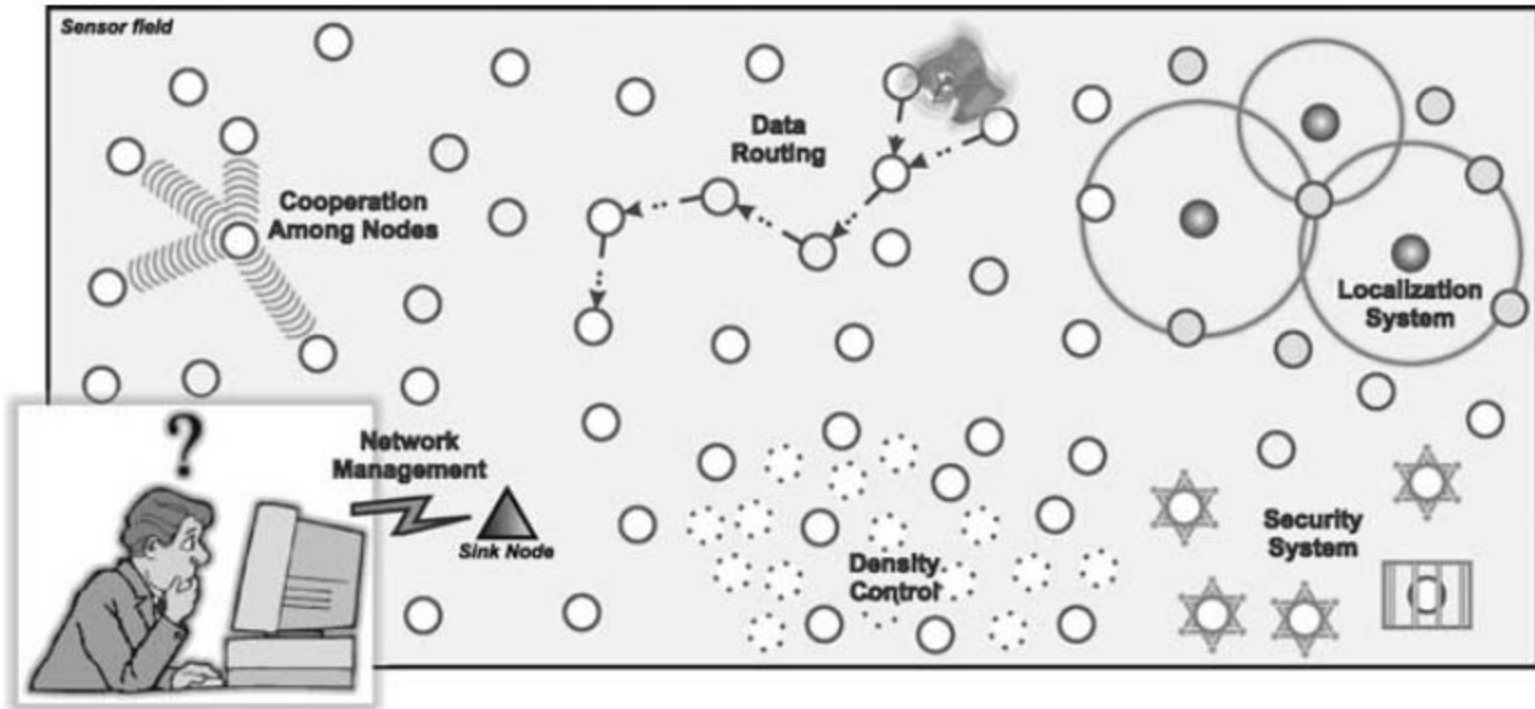
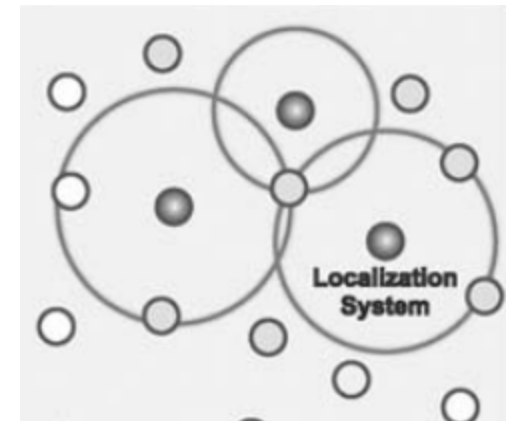
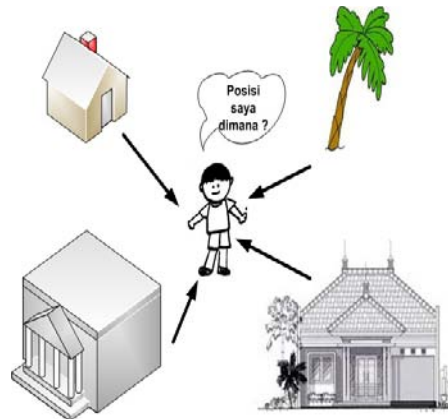


Figure 11.1. Several areas of the WSNs that work together in order to achieve one common goal: to monitor an area of interest.

Teknik Lokalisasi pada JSN

- Teknik untuk mengestimasi posisi node-node sensor yang disebar pada bidang observasi
- Ada sejumlah node sensor yang disebar di daerah observasi, sebagian memiliki informasi posisi (karena memiliki GPS atau diletakkan manual), sebagian lainnya harus dicari posisinya menggunakan teknik lokalisasi
- Posisi yang dihasilkan merupakan posisi relatif terhadap node-node atau obyek-obyek lain yang terlibat di sekitarnya



Teknik Lokalisasi pada JSN didekati dengan beberapa faktor:

1. Identifikasi Data yang terkumpul
2. Korelasi Data yang terkumpul
3. Pengalamatan Node
4. Manajemen jaringan
5. Algoritma geografik

Yang perlu diperhatikan dalam Lokalisasi :

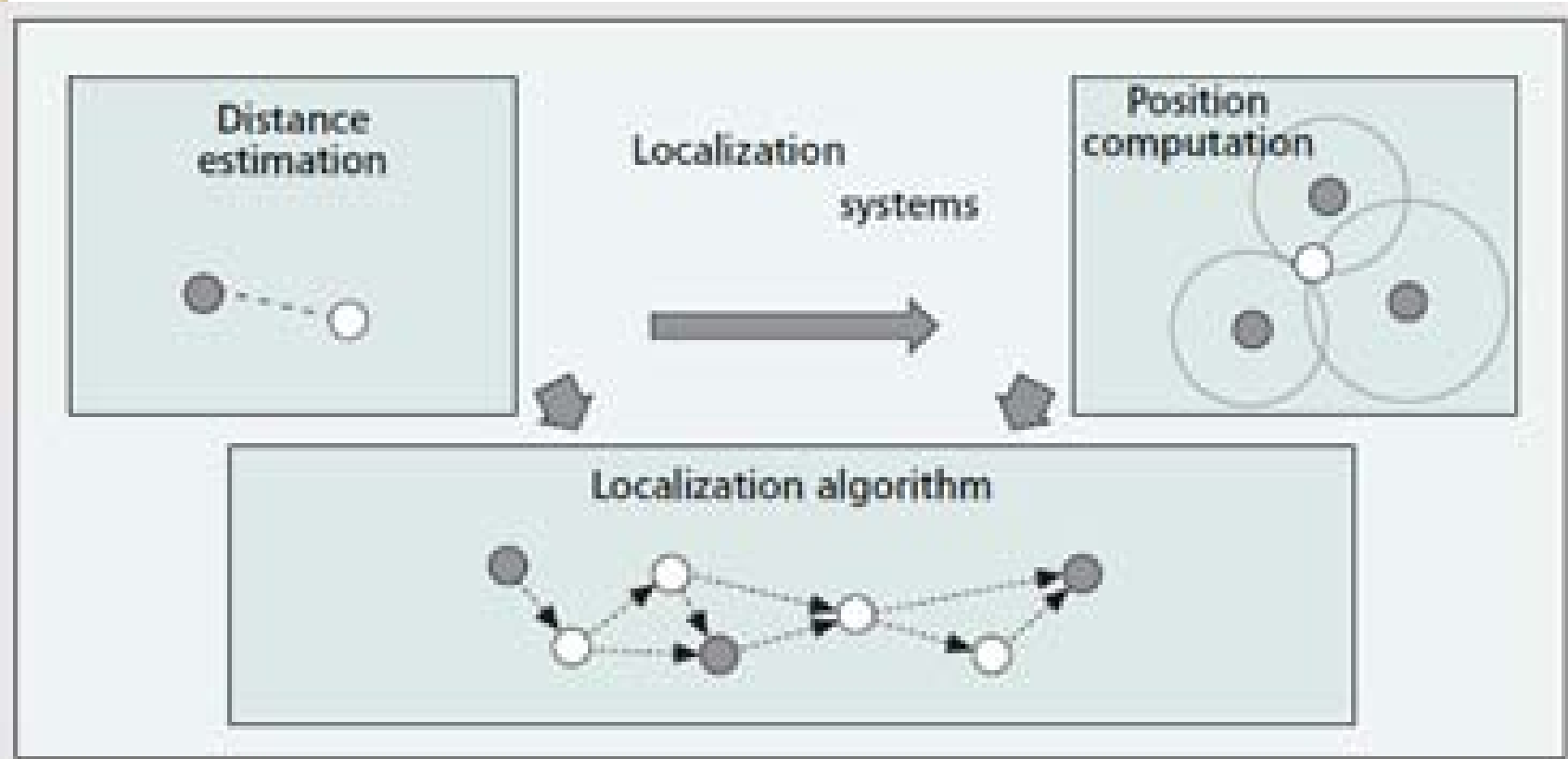
- *Auto-organization*, tidak bergantung infrastruktur tertentu
- *Skalabilitas*, mulai skala kecil s/d besar, jumlah node jarang sampai padat
- *Robustness*, toleransi terhadap masalah komunikasi, ketidaktepatan jarak dan informasi posisi
- *Efisiensi* dalam penggunaan sumber daya jaringan, karena meskipun sangat diperlukan, lokalisasi bukan tujuan utama JSN.

Komponen Sistem Lokalisasi :

1. Estimasi jarak / sudut
2. Kalkulasi / Komputasi Posisi
3. Algoritma Lokalisasi

Masing-masing komponen ini bisa ditinjau sebagai kesatuan dari tahap-tahap lokalisasi, tapi juga bisa mempunyai metode dan penyelesaian sendiri-sendiri

Ilustrasi Komponen Lokalisasi

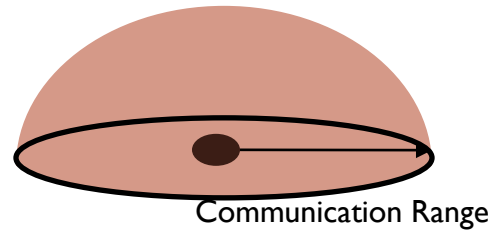


Teknik Ranging / Estimasi Jarak

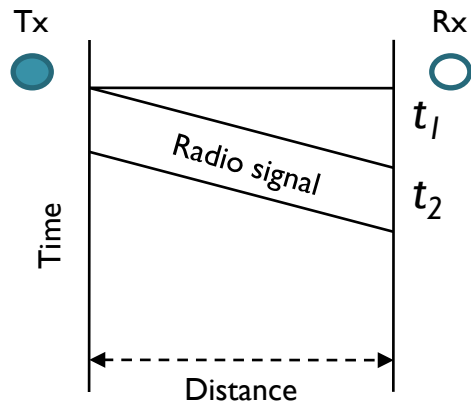
- Ada 2 jenis teknik ranging:
 - Teknik Range-based
 - Teknik Range-free
- a. **Range Based** : Teknik ranging yang dilakukan berdasarkan hasil dari pengukuran suatu variabel.
Contoh: kuat sinyal yang diterima (*RSSI*), sudut kedatangan (*AOA*), dan waktu kedatangan (*TOA*)
- b. **Range Free** : Teknik ranging yang dilakukan berdasarkan perkiraan jarak antar node melalui konektivitas di antara mereka.
Contoh: centroid, approximate point in triangle test (*APIT*), coordinate, DV-hop, dan amorphous.

Range-Based

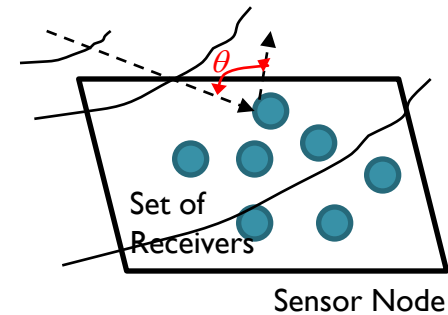
Received Signal Strength Indicator (RSSI)



Time Of Arrival (TOA)

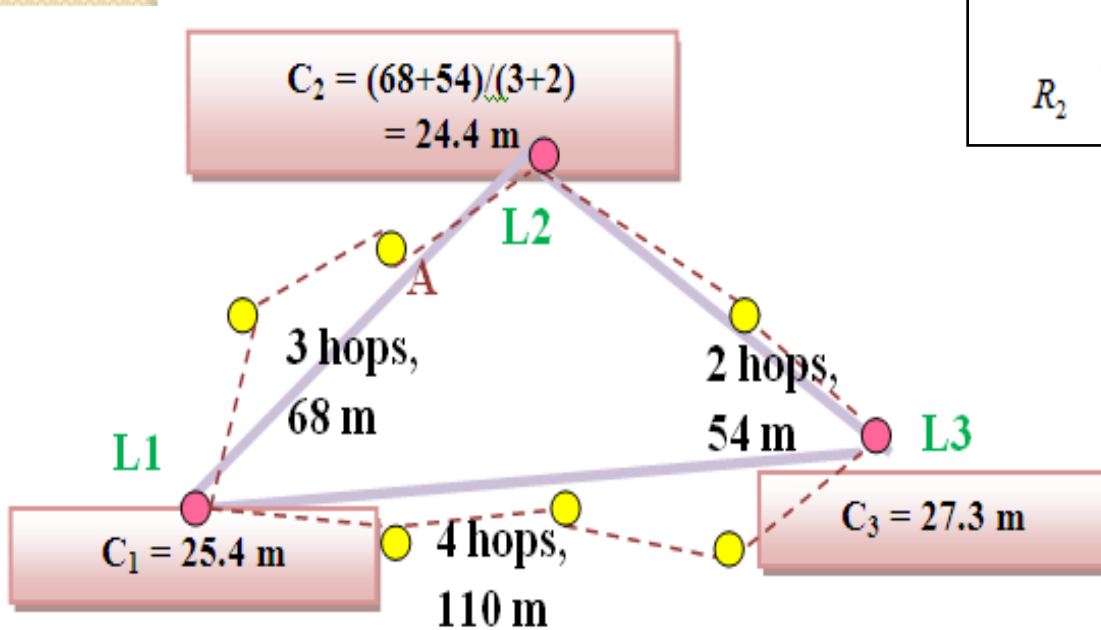


Angle Of Arrival (AOA)

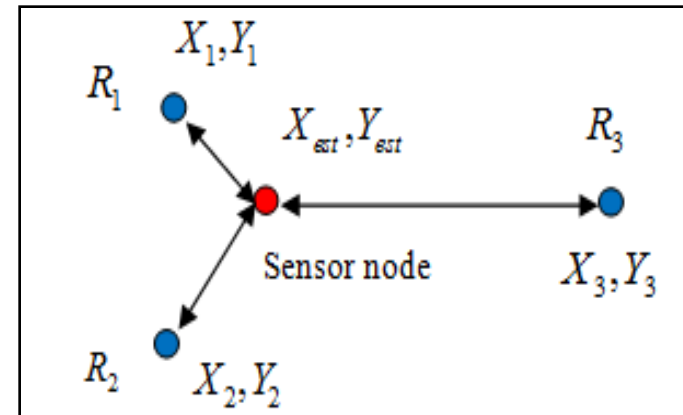


Range-free

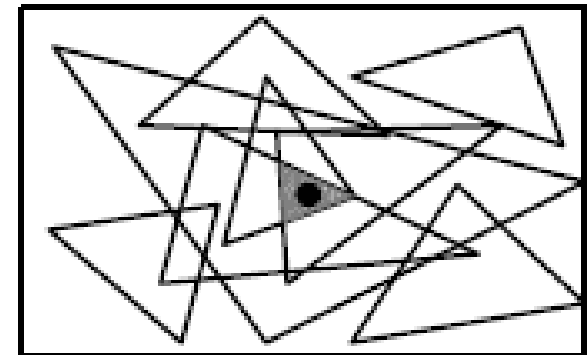
DV-Hop



Centroid



APIT

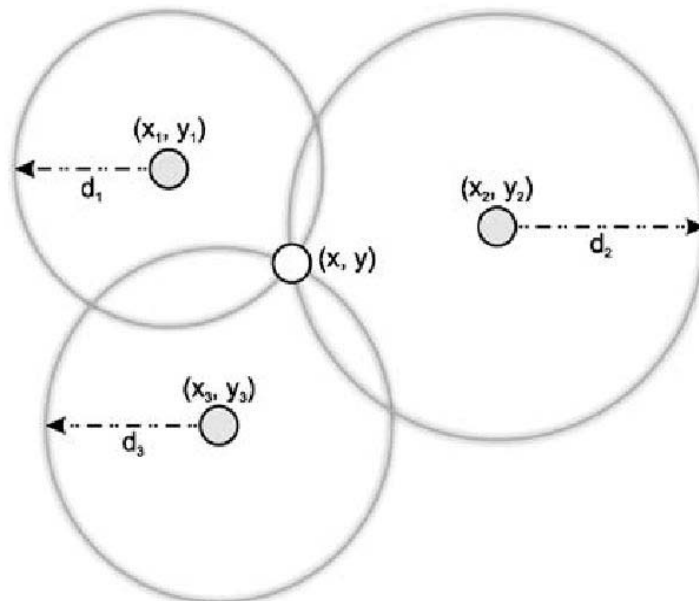


Kalkulasi Posisi

- Trilaterasi dan multilaterasi
- Triangulation
- Pendekatan probabilistik
- Bounding-Box
- Posisi pusat

Trilaterasi

Merupakan perhitungan estimasi posisi sebuah titik yang disinggung oleh 3 buah lingkaran



$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = d_1^2$$

$$(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = d_2^2$$

$$(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 = d_3^2$$

Jadikan masing-masing persamaan menjadi bentuk linier, dan substitusikan antar mereka untuk mendapatkan hasil x dan y

$$2 \begin{bmatrix} (x_1 - x_2) & (y_1 - y_2) \\ (x_3 - x_2) & (y_3 - y_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 + d_2^2 - d_1^2 \\ x_3^2 - x_2^2 + y_3^2 - y_2^2 + d_3^2 - d_1^2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b} \quad \mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{b} \rightarrow \mathbf{x} = \begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \end{pmatrix} \leftarrow \text{Posisi Terestimasi}$$

Multilaterasi

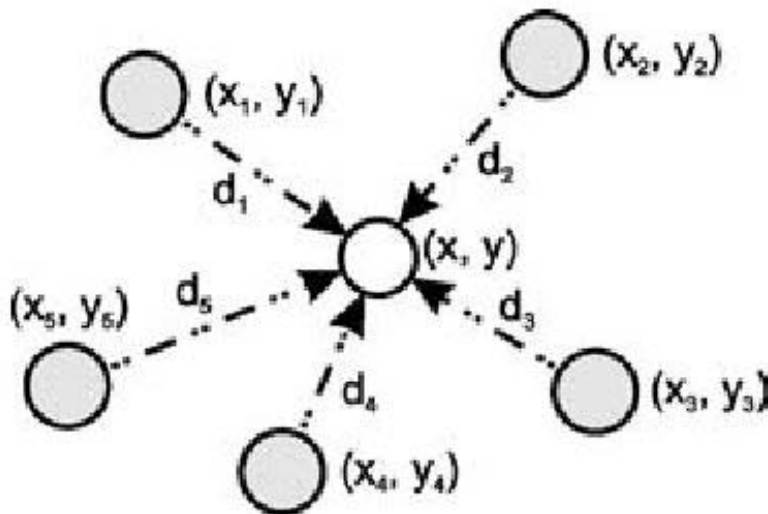
Merupakan bentuk perpanjangan dari Trilaterasi, dimana estimasi posisi sebuah titik ditentukan berdasarkan persinggungan lebih dari 3 lingkaran

$$2 \begin{bmatrix} (x_1 - x_N) & (y_1 - y_N) \\ \vdots & \vdots \\ (x_{N-1} - x_N) & (y_{N-1} - y_N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^2 - x_N^2 + y_1^2 - y_N^2 + d_N^2 - d_1^2 \\ \vdots \\ x_{N-1}^2 - x_N^2 + y_{N-1}^2 - y_N^2 + d_N^2 - d_{N-1}^2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$$

$$\mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{b} \rightarrow \mathbf{x} = \begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \end{pmatrix}$$

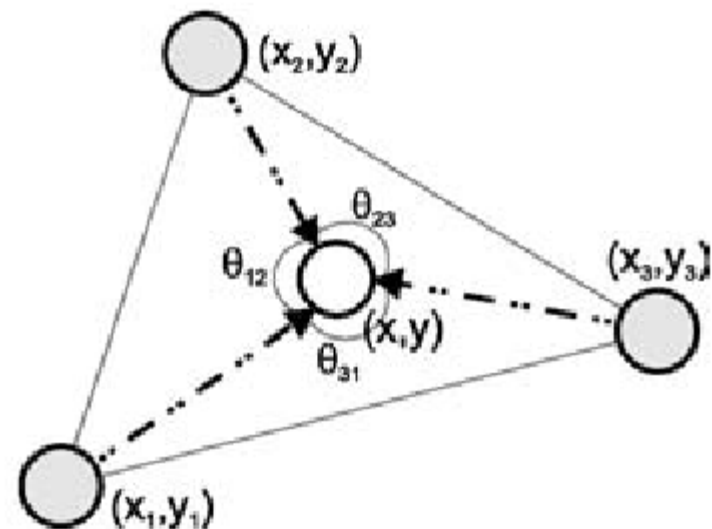
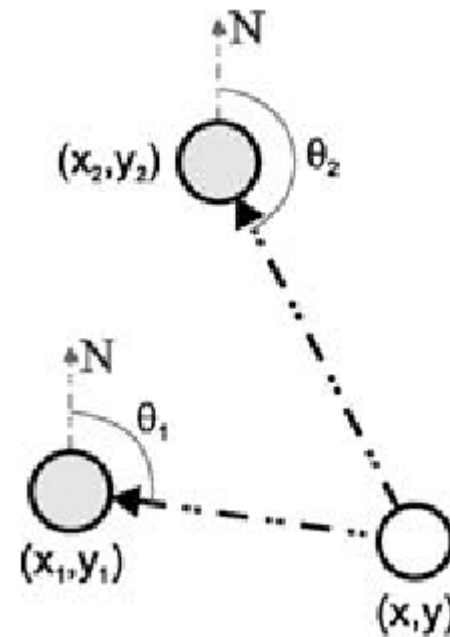
Posisi Terestimasi



Triangulation

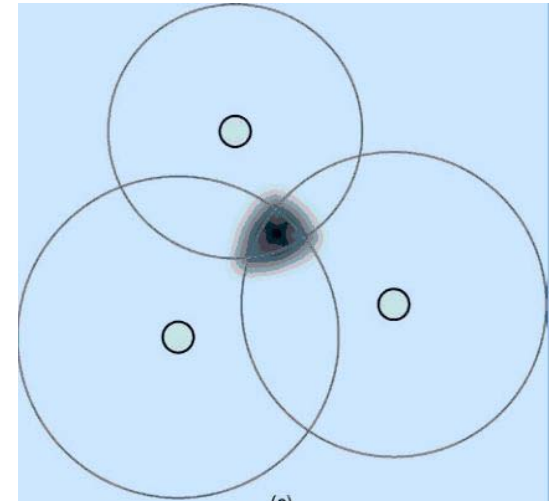
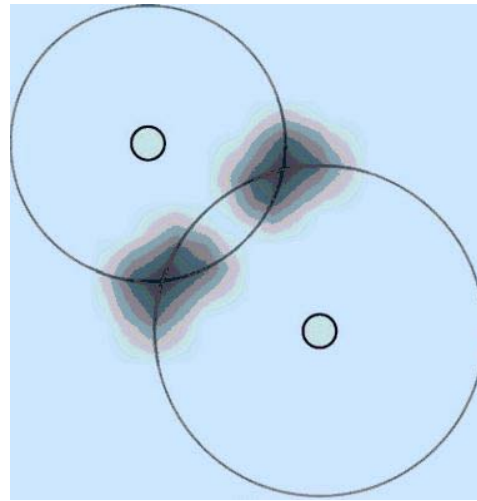
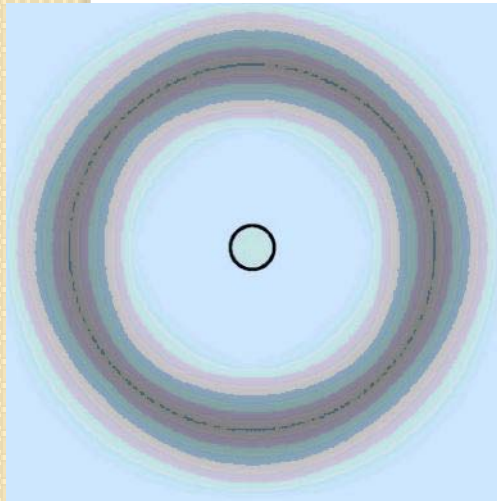
- $x = x_i + \hat{d}_i \cos \theta_i$
- $y = y_i + \hat{d}_i \sin \theta_i$

untuk $i = 1, \dots, n$



Pendekatan Probabilistik

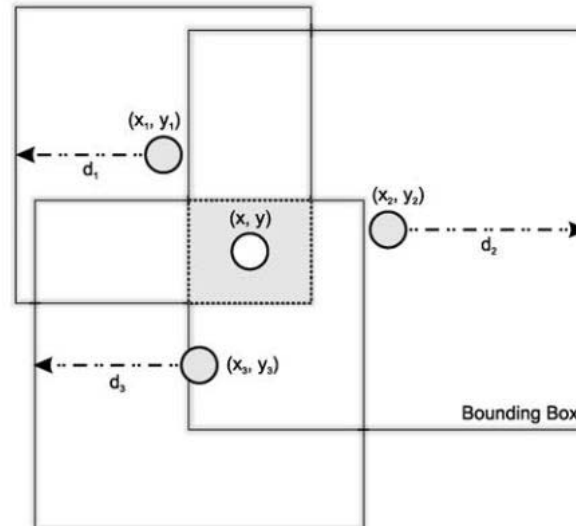
Pendekatan ini memiliki 3 macam cara penentuan



Bounding-Box

- Metode estimasi posisi sebuah titik dengan cara menggeser pola 3 buah kotak dari posisi menjauhi titik ke arah mendekati titik, baik dari atas ke bawah dan dari kiri ke kanan.
- Dicari nilai maksimum dari selisih koordinat terhadap jaraknya dan nilai minimum dari penjumlahan koordinat terhadap jaraknya.

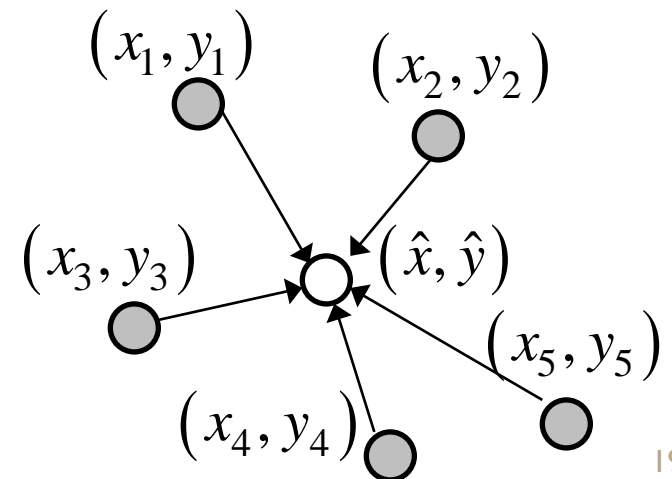
$$(\hat{x}, \hat{y}) = \left(\frac{\max(x_i - d_i) + \min(x_i + d_i)}{2}, \frac{\max(y_i - d_i) + \min(y_i + d_i)}{2} \right)$$



Pemosisian Terpusat terhadap Node Referensi

- Dikenal sebagai metode Centroid
- Metode ini hanya mengandalkan konektifitas antara node yang mencari posisinya terhadap node-node referensi di sekitarnya.
- Metode ini kurang akurat dibandingkan metode-metode ranging yang lain, namun penyelesaiannya sangat mudah dan cepat.
- Jika ada n node referensi yang bisa mencakup, maka estimasi posisi node menjadi:

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right)$$



Algoritma Lokalisasi

ALGORITMA LOKALISASI

Komponen penting dari sistem lokalisasi

Menentukan bagaimana informasi jarak dan posisi akan dimanipulasi dalam rangka mengijinkan sebagian atau seluruh node-node dari WSN melakukan estimasi posisinya.

????

Klasifikasi Algoritma Lokalisasi

- Komputasi posisi secara terdistribusi (*self-positioning*) atau terpusat (*remote positioning*)
- Dengan atau tanpa infrastruktur
- Posisi relatif (terhadap node di sekitarnya) atau absolute (dengan koordinat global: latitude dan longitude)
- Skenario penggunaan di dalam ruangan (*indoor*) atau di luar ruangan (*outdoor*)
- Single hop atau multi hop

Performansi/ kualitas dari sistim lokalisasi ditinjau dari berbagai aspek berikut ini: (I)

1. *Kesalahan rata-rata dan Konsistensi.* Jika didapatkan kesalahan rata-rata yang sama meskipun menggunakan skenario berbeda, (konsisten), maka ketidak-akurasi an yang didapat dgn algoritma lokalisasi masih bisa diterima.
2. *Communication Cost.* Menunjukkan kompleksitas dari algoritma lokalisasi yang dipakai dalam hubungannya dengan pertukaran paket data. Ini juga bisa dipakai sebagai *cost* dari sistim lokalisasi terhadap JSN secara keseluruhan.

Performansi/ kualitas dari sistim lokalisasi ditinjau dari berbagai aspek berikut ini: (2)

3. *Jumlah dari settled node.* Menunjukkan prosentase berapa banyak node sensor yang sukses mengestimasi posisinya menggunakan algoritma lokalisasi. Idealnya, semua node bisa mengestimasi posisinya, namun ada kalanya beberapa node tidak bisa.
4. *Jumlah dari node anchor.* Menunjukkan jumlah node anchor yang digunakan agar algoritma lokalisasi bisa bekerja. Node anchor biasanya lebih mahal dari node sensor, karena itu pemakaiannya perlu diminimalkan.

Karakteristik Jaringan yang mempengaruhi Sistem Lokalisasi (I)

1. *Densitas / Kerapatan Jaringan.* Semakin tinggi densitas node pada sebuah jaringan, semakin kecil jarak antar node, semakin rendah kesalahan estimasi. Semakin dekat posisi antar node, semakin memberi kesempatan bagi node untuk mendapatkan banyak node referensi, semakin kecil kesalahan estimasi posisi.
2. *Skala Jaringan.* Meningkatkan jumlah node dengan memperbesar bidang observasi (untuk mempertahankan densitas jaringan yang tetap), akan memperbanyak hop dari node asal kepada node tujuan. Semakin banyak hop semakin menaikkan kesalahan rata-rata pada sistem lokalisasi.

Karakteristik Jaringan yang mempengaruhi Sistem Lokalisasi (2)

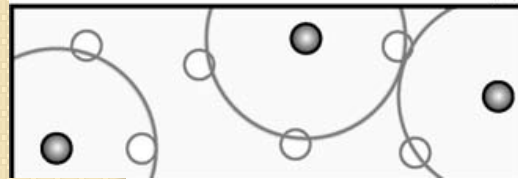
3. *Jumlah node anchor.* Dengan menyebar sejumlah besar node anchor di jaringan, menyebabkan kesalahan posisi rata-rata cenderung menurun, dan jumlah settled node cenderung bertambah.
4. *Akurasi GPS.* GPS yang dipasang pada node anchor bertujuan untuk mendapatkan posisi sesungguhnya dari node tersebut. Ke-tidak akurasi an GPS menyebabkan ke tidak akurasian pula pada posisi node terestimasi.

Beberapa Jenis Algoritma Lokalisasi (I)

• Ad-Hoc Positioning System (APS)

- Hanya sejumlah kecil node referensi disebar pada bidang observasi (3 – 4 buah). Node sensor mengestimasi jaraknya terhadap node referensi menggunakan cara multihop.

● Beacon node ○ Unknown node
○ Settled node

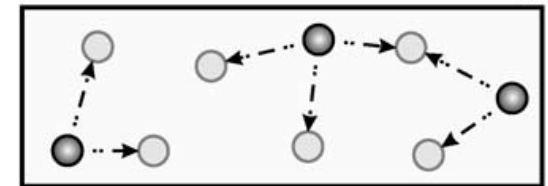
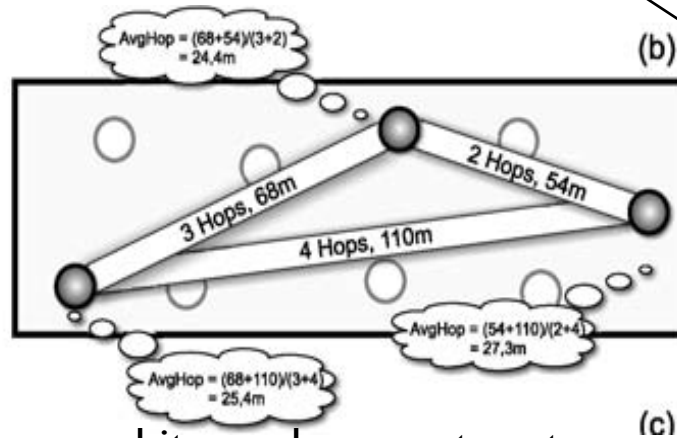


3 Metode

Jika jarak terestimasi didapat, node menghitung posisinya menggunakan trilaterasi

“DV-Hop”

Anchor menginformasikan posisinya kepada setiap unknown nodes.



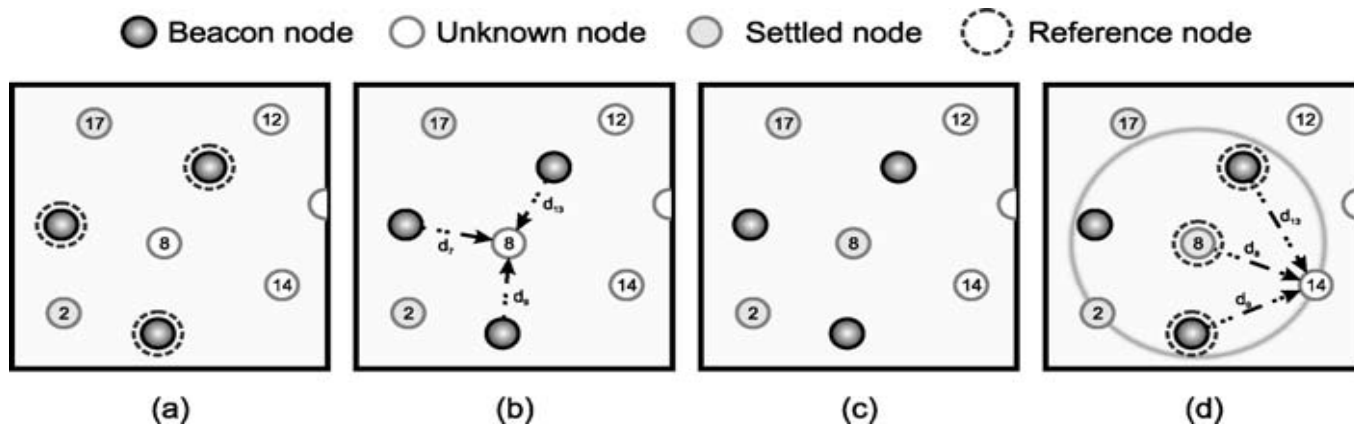
“DV-Distance”; menghitung ukuran rata-rata dari hop. Proses ini mengirimkan info jarak estimasi .

“Euclidean” → mengukur jarak dari unknown node terhadap anchor berdasarkan 2 node yang telah terestimasi jaraknya terhadap anchor

Beberapa Jenis Algoritma Lokalisasi (2)

• Recursive Position Estimation (RPE)

- Node mengestimasi posisinya berdasarkan pada sebuah set dari inisial anchor hanya menggunakan informasi lokal. Lokalisasi secara iterasi dikembangkan sebagai node yang ditetapkan menjadi anchor node.



(a) node menentukan node anchornya.

(b) node mengestimasi jaraknya kepada node anchor. (ex.RSSI)

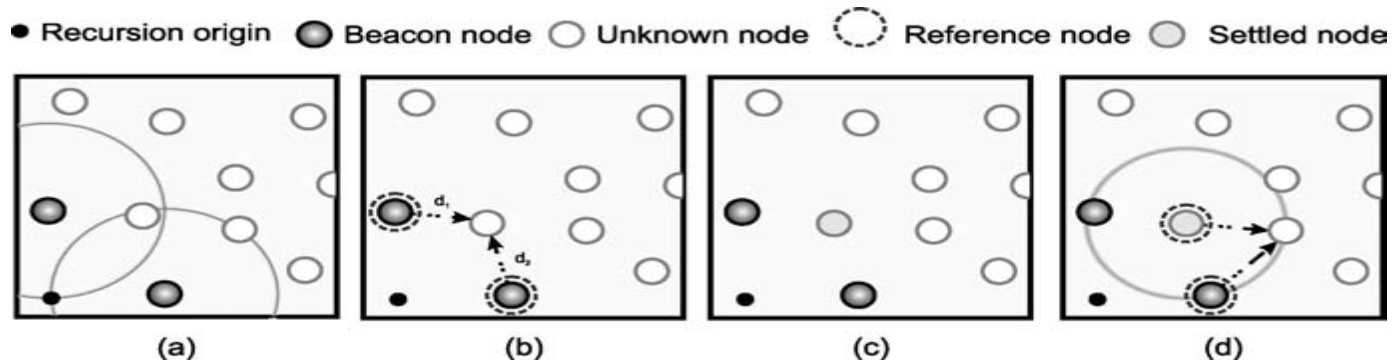
(c) node menghitung posisinya menggunakan trilaterasi (dan menjadi settled node)

(d) node menjadi sebuah anchor node yang baru untuk estimasi posisi node tetangganya.

Beberapa Jenis Algoritma Lokalisasi (3)

- **Direct Position Estimation (DPE)**

- DPE dapat membuat lokalisasi rekursi dari sebuah single point.



(a) Node sensor (beacon) memulai rekursi

(b) Sebuah node menentukan 2 node referensinya dan mengestimasi jaraknya terhadap node-node ini.

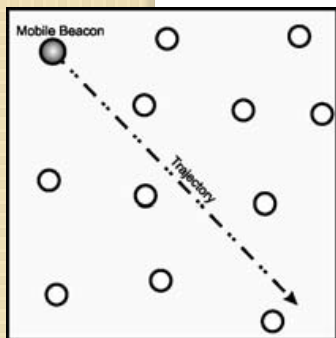
(c) Node menghitung posisinya (dan menjadi settled node)

(d) Settled node baru digunakan sebagai node referensi (bersama dengan 1 node referensi lainnya) bagi node tetangganya.

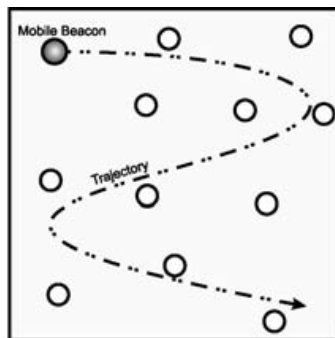
Beberapa Jenis Algoritma Lokalisasi (4)

• Lokalisasi with a Mobile Beacon (LMB)

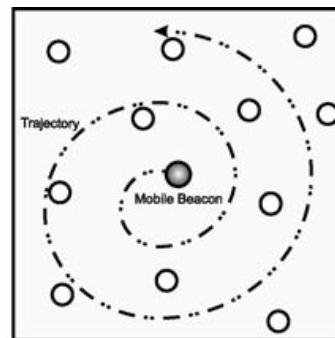
- Sebuah mobile beacon adalah node yang selalu mengetahui (aware) posisinya menggunakan GPS, dan mempunyai kemampuan untuk berpindah antara bidang sensor.
- Mobile Beacon bisa berupa: operator manusia, kendaraan tanpa awak, pesawat / balon udara, atau robot.
- Ada 2 skenario: Mobile Beacon menghitung estimasi posisi node-node yang dilewatinya (seperti lokalisasi tersentral yang bergerak), atau mobile beacon membiarkan node-node menghitung estimasi posisinya sendiri, dengan menerima tiga atau lebih RSSI berbeda berdasarkan posisi mobile beacon yang berpindah, Node-node menggunakan trilateral untuk mengestimasi posisinya.



(a)



(b)



(c)

- (a) Mobile anchor berpindah dengan lintasan garis lurus.
- (b) Berpindah dengan lintasan garis peluru
- (c) Berpindah dengan lintasan spiral

Referensi

A. Boukerche, “Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks”, Ch. 11, John Willey & Sons, 2009, pp. 307 – 340.

Thanks to:

Angga, Retha, Citra, Viky, Andi, Defry, Ninis, Wildan, Ginanjar, Inda, Roziq, April, Ani, Dessy, Balqis dan Tutik (Bimbingan PA tahun 2012 – 2014)