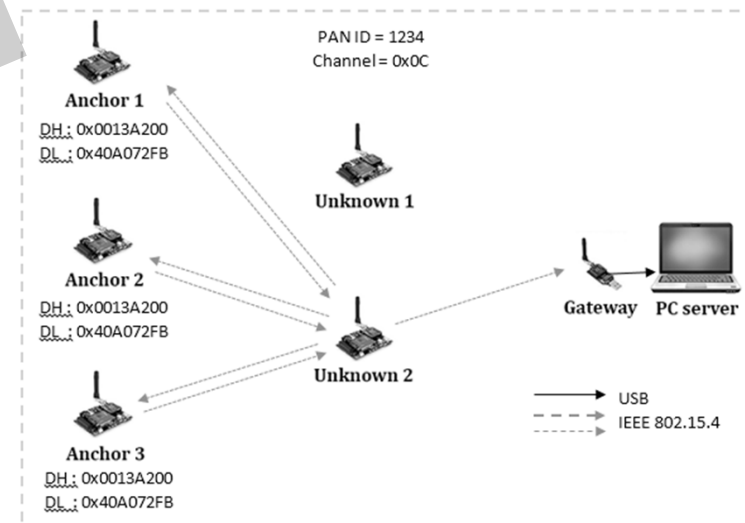




Teknik Lokalisasi pada Jaringan Sensor Nirkabel

Bagian I (Estimasi Jarak)

Prima Kristalina
2017



Overview

- Tanpa mengenal lokasi sebuah sensor, mustahil untuk mengetahui informasi warning yang disampaikan sensor tersebut
- Location-aware-services
- Lokasi berbasis informasi sensor (manajemen rantai pasokan, fungsi pengawasan)
- Object tracking
- Protocol berbasis informasi geografik (routing)
- Manajemen Coverage Area
- Lokasi biasanya tidak diketahui dulu, karenanya skema lokalisasi digunakan untuk menentukan posisi (atau koordinat) dari sebuah sensor atau hubungan spasial antar obyek

Pengertian Lokalisasi

- 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

Pengertian Posisi

- Posisi Global
 - Posisi dalam frame referensi global
 - Global Positioning System (longitude, latitude)
 - Universal Transverse Mercator/UTM (zona dan latitude)
- Posisi Relatif
 - Berbasis sistim koordinat yang berubah-ubah
 - Jarak antar node sensor (tidak berhubungan dengan koordinat global)
- Informasi posisi:
 - -7.338664,112.802513
 - Jl. Wiguna Timur XI/36 Surabaya
 - Blok A2 Lantai 3, Royal Plaza, Surabaya

Akurasi vs Presisi

- Contoh: GPS memiliki tingkat akurasi 10m untuk 90% total pengukurannya
- **Akurasi** : seberapa dekat hasil estimasi posisinya (dalam konteks GPS terhadap ground, misal 10m)
- **Presisi** : seberapa konsisten hasil pengukurannya (misal 90%)

Beberapa Faktor Pendekatan untuk mengerjakan skema Lokalisasi

- Identifikasi Data yang terkumpul
- Korelasi Data yang terkumpul
- Pengalamatan Node
- Manajemen jaringan
- Algoritma geografik

Keterbatasan JSN yang perlu diperhatikan:

- *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 Skema Lokalisasi

1. Estimasi jarak / sudut (teknik Ranging)
2. Kalkulasi / Komputasi Posisi
3. Refinement hasil menggunakan algoritma Lokalisasi

Teknik Ranging

1. Range-based

Teknik ranging yang dilakukan berdasarkan hasil dari pengukuran suatu variabel.

2. Range-free

Teknik ranging yang dilakukan berdasarkan perkiraan jarak antar node melalui konektivitas di antara mereka

Range-based

1. Received Signal Strength (RSS)
2. Time of Arrival (ToA)
3. Time Division of Arrival (TDoA)
4. Angle of Arrival (AoA)

Received Signal Strength (1)

1. Kuat sinyal menurun seiring bertambahnya jarak
2. Banyak perangkat mengukur kuat sinyal dengan RSSI
3. Nilai RSSI dinyatakan dalam bilangan bulat 0 Max

Received Signal Strength (2)

- Pada free space, RSS dinyatakan dalam persamaan transmisi Friis dengan pangkat dua:

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 R^2} \quad \rightarrow \quad \frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left[\frac{\lambda}{(4\pi)R} \right]^n$$

- Dalam praktik, redaman aktual bergantung pada efek propagasi, multipath, refleksi, noise dsb, sehingga diperlukan sebuah koefisien, n yang menyatakan tingkat losses sinyal pada daerah tersebut. Untuk free space, $n=2$

Received Signal Strength (3)

- Menurut *Rappaport* koefisien / eksponen path loss dinyatakan sebagai:

<i>Environment</i>	<i>Path Loss Exponent, n</i>
Free space	2
Urban area cellular radio	2.7 to 3.5
Shadowed urba cellular radio	3 to 5
In building Line-of-sight	1.6 to 1.8
Obstructed in building	4 to 6
Obstructed in factories	2 to 3

Received Signal Strength (4)

- RSSI : Perbandingan kuat sinyal yang diterima pada sebuah titik dengan jarak d dari pemancar terhadap kuat sinyal pada titik referensi pada jarak d_0 dari pemancar.

$$RSSI = 10x \log \left(\frac{P_r}{P_{reff}} \right)$$

Received Signal Strength (5)

- Sedangkan

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^n$$

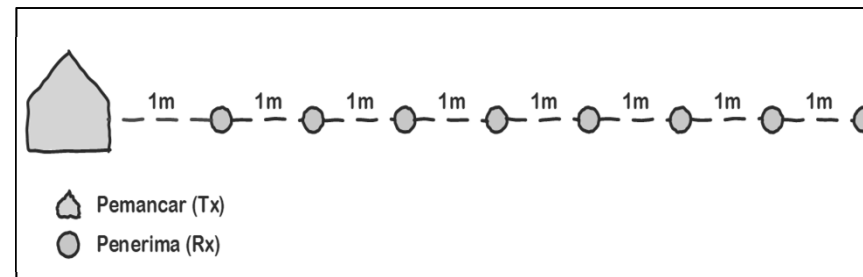
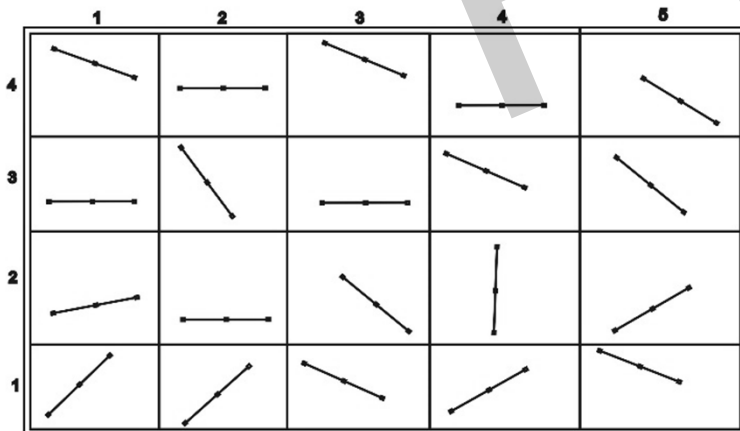
- Sehingga

$$RSSI = 10x \log \left[\frac{P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^n}{P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d_0} \right)^n} \right] = 10x \log \left[\frac{1/d}{1/d_0} \right]^n = 10nx \log \left(\frac{d}{d_0} \right)$$

Received Signal Strength (6)

- Estimasi jarak didapatkan dari hasil pengukuran kuat sinyal terima, koefisien path loss ruangan dan kuat sinyal terima dari titik referensi pada bidang observasi

Mendapatkan koefisien path loss, n



Perhitungan Estimasi Jarak (dgn RSSI) (1)

- Daya losses adalah selisih dari daya sinyal kirim, terhadap daya sinyal yang diterima

$$P_L (dB) = P_t (dBm) - P_r (dBm)$$

- Hubungan antara daya losses di sebuah titik berjarak d dari Tx, terhadap daya losses di titik referensi, d_0 dari Tx dinyatakan sebagai

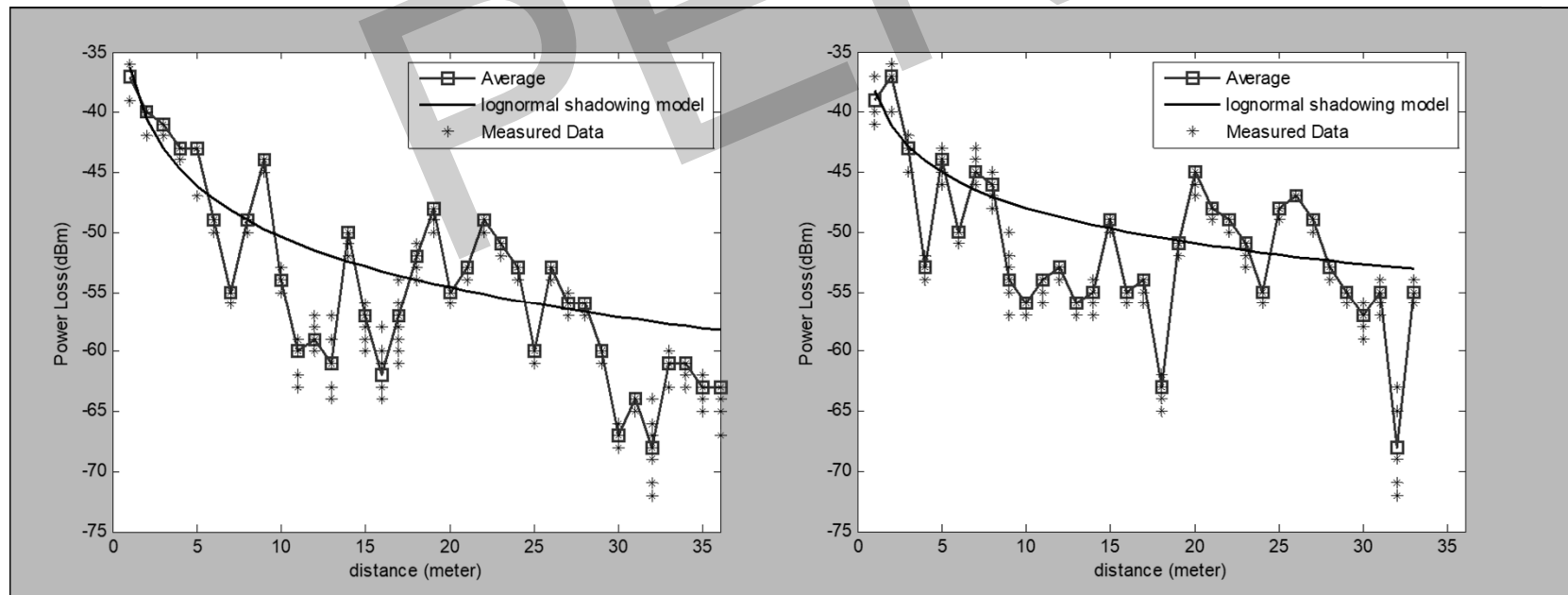
$$P_L = P_{L0} + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_\sigma$$

Variabel zero mean gaussian random dgn standard deviasi pada bidang dengan shadowing effect

Perhitungan Estimasi Jarak (dgn RSSI) (2)

- Sehingga estimasi jarak antara Tx dan Rx menjadi:

$$\hat{d} = d_0 \times 10^{\frac{P_L - P_{L0} - X_\sigma}{10n}}$$



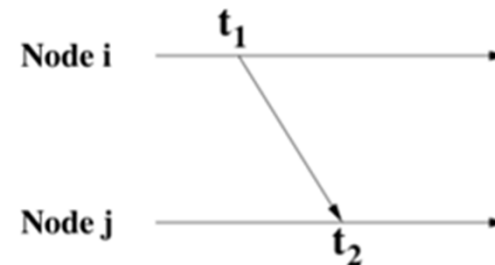
Time of Arrival (1)

- Jarak antara Tx dan Rx dapat dihitung dengan menggunakan waktu propagasi sinyal yang terukur dan kecepatan sinyal yang diketahui
- Contoh:
 - Gelombang suara 343 m/s, artinya diperlukan waktu 30 ms untuk mencapai jarak 10m
 - Sinyal radio 300 km/s, artinya diperlukan waktu 30 ns untuk mencapai jarak 10m

Time of Arrival (2)

- *One way ToA*
 - Mengukur Propagasi sinyal satu arah, yaitu perbedaan antara waktu kirim dan waktu kedatangan sinyal
 - Jika V adalah velocity (kecepatan rambat sinyal), t_1 adalah waktu keberangkatan, dan t_2 adalah waktu kedatangan sinyal, maka jarak antara Tx dan Rx dapat dinyatakan sebagai:

$$dist_{ij} = (t_2 - t_1) \times V$$

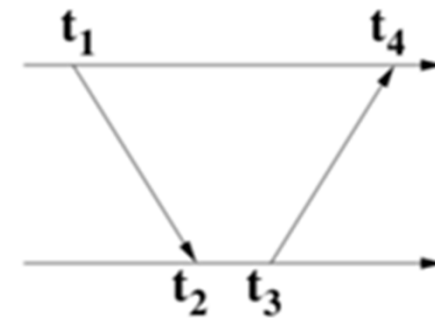


- Perlu sinkronisasi akurat pada clock Pengirim dan Penerima, dimana:

Time of Arrival (3)

- *Two-way ToA*
 - Waktu round-trip (bolak-balik) sinyal diukur pada perangkat Tx.
 - Jika t_1 dan t_2 adalah waktu kirim dan terima sinyal dari node i ke node j , t_3 dan t_4 adalah waktu kirim dan terima response sinyal dari node j ke node i , maka jarak antara node i dan node j adalah:

$$dist_{ij} = \frac{(t_4 - t_1) - (t_3 - t_2)}{2} \times V$$



Time of Arrival (4)

Contoh soal:

Sebuah sinyal dikirim dari Tx pada jam 11.50, dan diharapkan sampai di Tx pada jam 12.00. Sinyal tersebut merambat dengan kecepatan 300m/s.

Berapa jarak antara Tx dan Tx?

$$T_2 - T_1 = 12.00 - 11.50 = 10 \text{ menit}$$

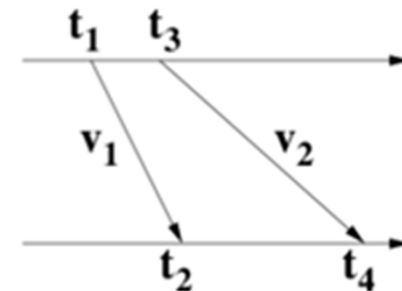
$$V = 300 \text{ m/s atau } 300 * 60 = 18000 \text{ m/menit} = 18 \text{ km/menit}$$

$$D = (T_2 - T_1) * V = 18 \text{ km} * 10 = 180 \text{ km}$$

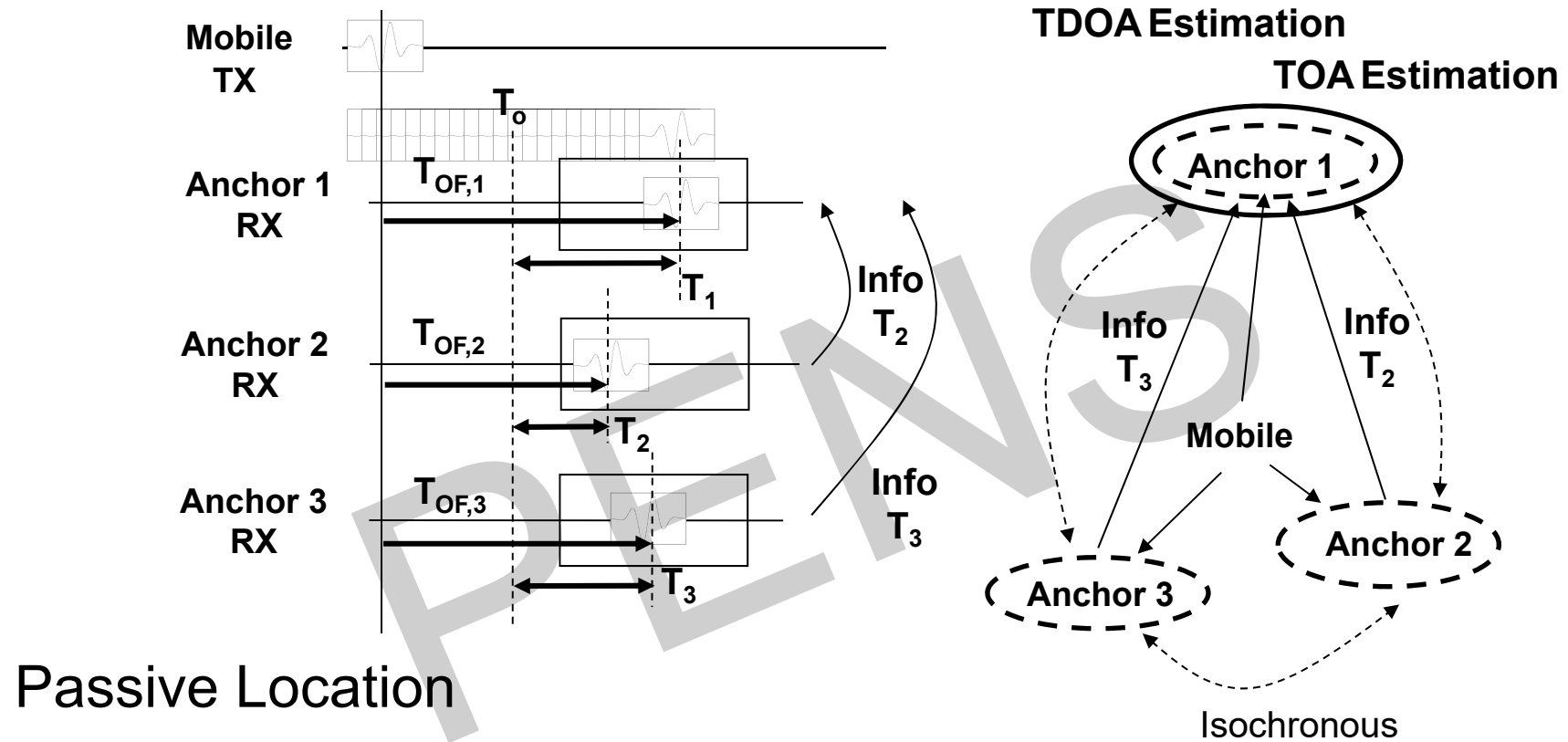
Time Difference of of Arrival (1)

- TDoA adalah pendekatan dua sinyal yang memiliki kecepatan berbeda.
- Contoh: sinyal pertama adalah sinyal radio (kirim t_1 dan terima t_2 dengan kecepatan v_1), diikuti oleh sinyal kedua yaitu sinyal akustik (setelah interval t_{wait} dimana $t_{wait}=t_3-t_1$), maka Rx dapat mengukur jaraknya terhadap Tx sebagai berikut:
- TDoA tidak memerlukan sinkronisasi clock antara sisi Tx dan Rx

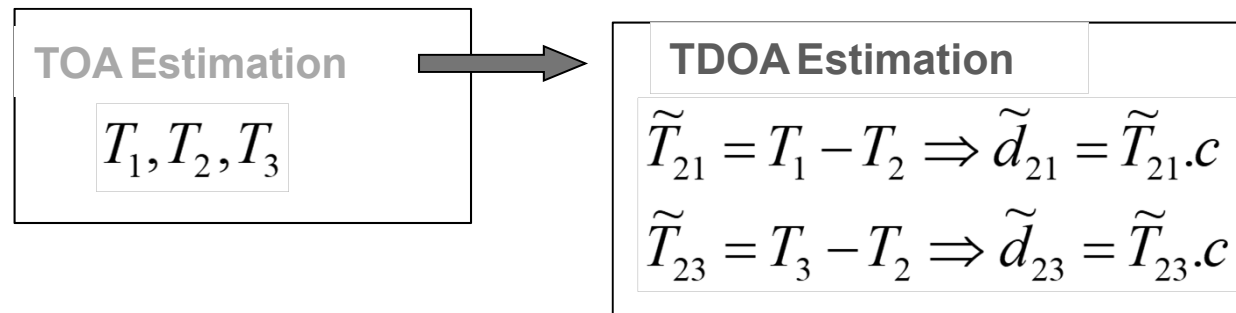
$$dist_{ij} = (v_1 - v_2) x (t_4 - t_2 - t_{wait})$$



Time Difference of Arrival (2)

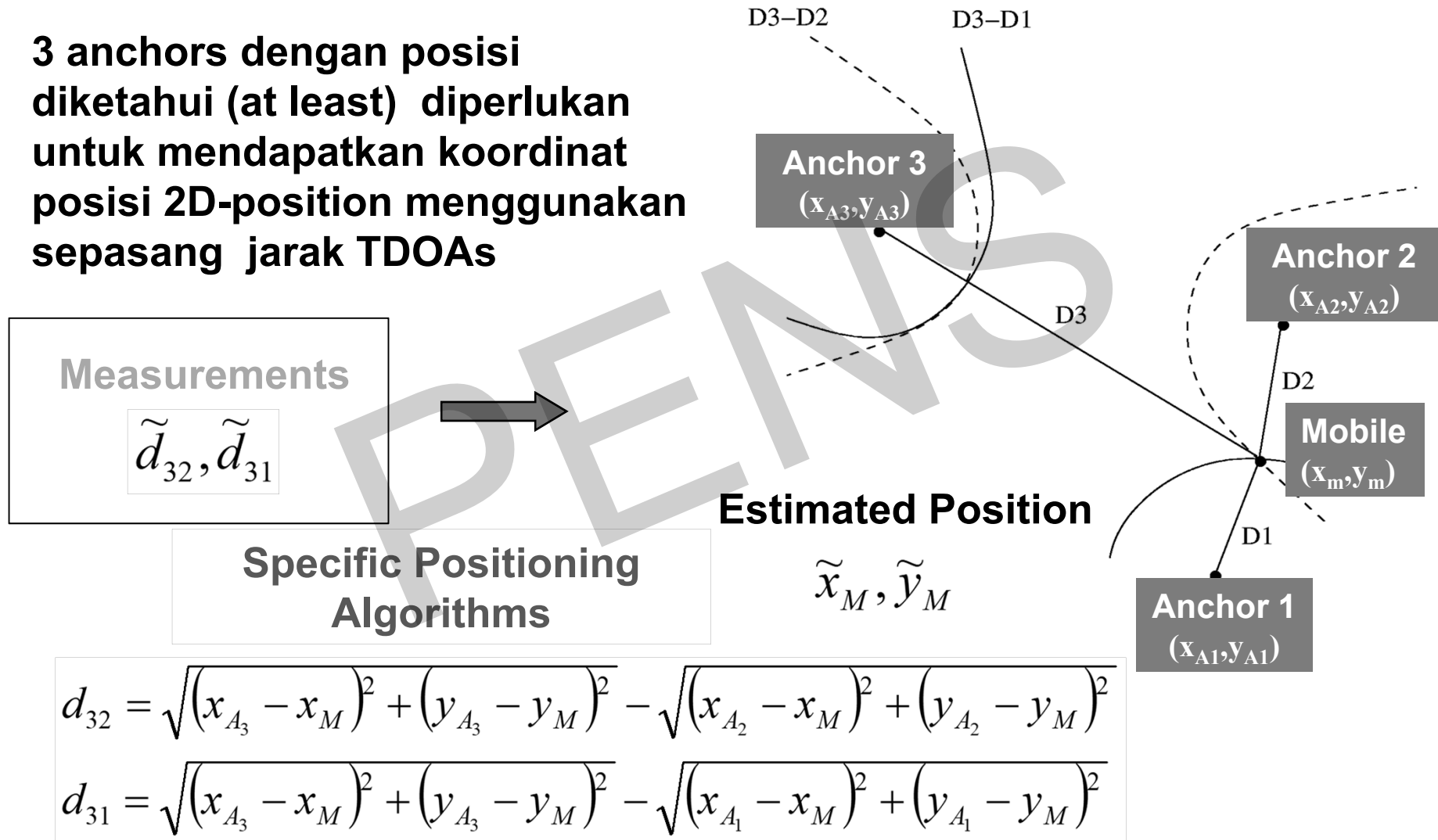


Passive Location



Time Difference of Arrival (3)

3 anchors dengan posisi diketahui (at least) diperlukan untuk mendapatkan koordinat posisi 2D-position menggunakan sepasang jarak TDOAs

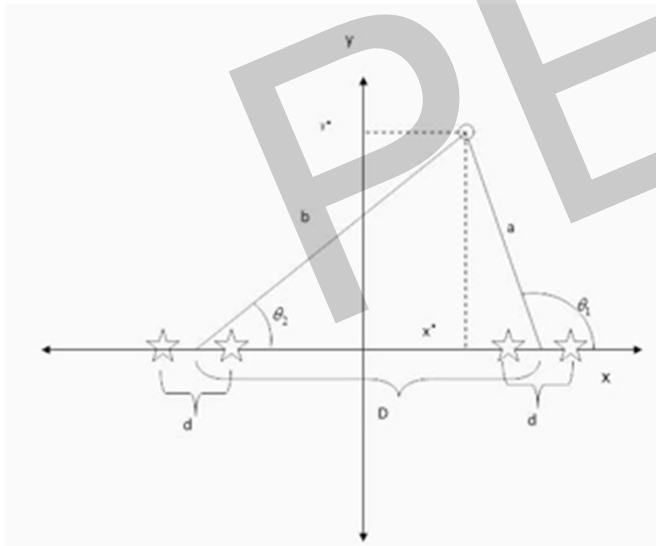


$$d_{32} = \sqrt{(x_{A_3} - x_M)^2 + (y_{A_3} - y_M)^2} - \sqrt{(x_{A_2} - x_M)^2 + (y_{A_2} - y_M)^2}$$

$$d_{31} = \sqrt{(x_{A_3} - x_M)^2 + (y_{A_3} - y_M)^2} - \sqrt{(x_{A_1} - x_M)^2 + (y_{A_1} - y_M)^2}$$

Angle of Arrival (1)

- Teknik AoA biasanya digunakan untuk mengestimasi posisi sumber akustik (source localization) berdasarkan informasi dari 2 pasang microphone yang dipasang , namun bisa juga dimodifikasi untuk mengestimasi posisi node berdasarkan informasi dari beacon (referensinya).



D = jarak antara dua titik tengah dari dua pasang sensor (microphone) \rightarrow dihitung
 d = jarak antar sepasang microphone
 θ_1 = sudut antara pasangan mic 1 dgn sumber \rightarrow diukur
 θ_2 = sudut antara pasangan mic 2 dgn sumber \rightarrow diukur
 (x', y') = posisi sumber yg dicari

Angle of Arrival

(2)

$$\sin(\theta_2) = \frac{y'}{b} \quad \cos(\theta_2) = \frac{D/2 + x'}{b} \quad \tan(\theta_2) = \frac{y'}{D/2 + x'}$$

$$\sin(180 - \theta_1) = \frac{y'}{a} \quad \cos(180 - \theta_1) = \frac{D/2 - x'}{a} \quad \tan(180 - \theta_1) = \frac{y'}{D/2 - x'}$$

$$(D/2 + x') \tan(\theta_2) = y' \quad -(D/2 - x') \tan(\theta_2) = y'$$

Posisi
node yang
dicari

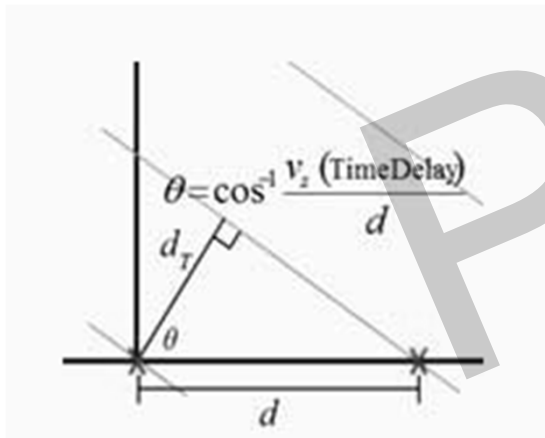
$$x' = \frac{D/2 (\tan(\theta_1) + \tan(\theta_2))}{\tan(\theta_1) - \tan(\theta_2)}$$
$$y' = \frac{D \tan(\theta_2) \tan(\theta_1)}{\tan(\theta_1) - \tan(\theta_2)}$$

Angle of Arrival

(3)

- Apabila tidak memiliki perangkat untuk mengukur sudut kedatangan, gunakan persamaan Degree of Arrival (DoA) berikut ini:

Sinyal berasal dari tempat yang jauh, mengenai sensor pada sudut kedatangan θ , dimana dua sensor berdekatan memiliki jarak d .
Jika τ adalah delay propagasi sinyal, dan V adalah kecepatan suara, maka



$$d \cos(\theta) = V \cdot \tau \rightarrow \cos(\theta) = \frac{V \cdot \tau}{d}$$

Soal-soal Latihan

(1)

1. Dengan teknik RSSI didapatkan data dari pengukuran kuat sinyal terima pada sebuah bidang observasi adalah sebagai berikut:

No	Jarak (m)						Jarak (m)					
	1	5	10	15	18	21	25	26	29	33	34	
	dBm	dBm	dBm	dBm	dBm	dBm	dBm	dBm	dBm	dBm	dBm	
1	-39	-42	-43	-47	-48	-50	-53	-53	-53	-62	-62	
2	-39	-42	-43	-48	-47	-49	-50	-50	-55	-55	-63	
3	-39	-42	-43	-47	-47	-51	-51	-50	-59	-58	-69	
4	-39	-42	-43	-51	-47	-50	-58	-53	-54	-57	-66	
5	-39	-42	-42	-45	-45	-50	-55	-53	-54	-58	-63	
6	-39	-41	-43	-47	-48	-50	-52	-53	-54	-57	-64	
7	-39	-42	-43	-45	-47	-52	-53	-50	-53	-56	-61	
8	-39	-42	-42	-46	-50	-49	-52	-49	-57	-59	-62	
9	-39	-42	-42	-45	-49	-49	-53	-52	-53	-55	-61	
10	-39	-41	-44	-44	-48	-49	-52	-55	-53	-59	-58	
AVE	-39	-41.8	-42.8	-46.5	-47.6	-49.9	-52.9	-51.8	-54.5	-57.6	-62.9	

- Carilah:
 1. P_{R0} ? \bar{n} ? $P_L(15)$?
 2. \hat{d} saat $\bar{P}_r = -56$ dBm?
 3. Gambarkan grafik $d(m)$ vs $P_r(dBm)$

Jika diketahui:

$$P_T = 17 \text{ dBm}, X_{\sigma} = 0,01 \text{ dBm}$$

Soal-soal Latihan

(2)

2. Pada bidang observasi terdapat sebuah node sebagai Tx yang memancarkan 2 jenis gelombang kepada node Rx, menggunakan modul radio dan modul ultrasonic. Pada $t_1 = 5$ detik dipancarkan gelombang ultrasonic dan sampai pada Rx pada $t_2 = 5.5$ detik. Selanjutnya 3 detik kemudian dipancarkan gelombang radio kepada node Rx. Jika diketahui kecepatan rambat gelombang radio adalah $3 \cdot 10^8$ m/detik dan kecepatan rambat audio = 343 m/detik, maka hitunglah berapa jarak dari node Tx ke Rx ?
3. Sebuah mobile node mengirimkan gelombang ultrasonic kepada 2 pasang speaker yang dipasang pada jarak antar pasangan speaker satu dengan lainnya adalah 20m. Sedangkan jarak antar speaker satu dgn lainnya dalam pasangan adalah 3m. Jika delay propagasi sinyal pada pasangan speaker 1 = 0,2 detik dan pada pasangan speaker 2 = 0,5 detik. Hitung estimasi posisi dari mobile node tersebut

Referensi

1. Prima Kristalina, 2014, “Pengembangan Algoritma-algoritma Optimisasi Untuk Peningkatan Akurasi Penentuan Posisi Node Sensor Pada Jaringan Sensor Nirkabel Terdistribusi”, Disertasi T. Elektro, ITS
2. W. Dargie and C. Poellabauer, 2010, “Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice”, John Wiley & Sons
3. Rick Roberts, 2004, “TDOA Localization Techniques”, Project: IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs), Harris Corporation
4. A. Boukerche, 2009, “Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks”, John Wiley & Sons
5. Y. Liu, Z. Yang, 2011, “Location, Localization, and Localizability”, Springer
6. Joshua York Undergraduate Research Project, Summer/Fall 2008, “Acoustic Source Localization”, Washington University
7. Adam S. P, 2016, “Design Secure Localization Platform Pada Jaringan Nirkabel Untuk Keamanan Data Posisi Node Pada Aplikasi Pemantauan Strategi Formasi Pasukan Tempur”, Proyek Akhir T. Telekomunikasi, PENS