

localisation indoor Techniques...sss

localisation indoor Techniques...sss

- Trilateration
- Triangulation
- Time Of Arrival - TOA
- Time Difference Of Arrival - TDOA
- Angle of arrival
- Phase shift
- RSSI
- Fingerprints
- etc, etc., etc.

Trilatération.

Trilateration requires the **measurement of distances** between the mobile unit and the reference units.

This can be achieved by measuring either of the following:

- Triangulation
- Time of flight (TOF)
- Phase shift
- Signal strength(RSSI)

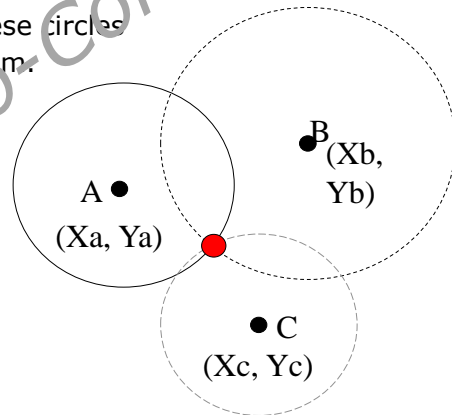
Calcul de position par trilatération

For every distance l_{pm} between m and p (with $p \in \{a, b, c\}$), a circle at (x_p, y_p) with radius l_{pm} can be drawn around p .

The point of intersection of three of these circles then yields the coordinates (x_m, y_m) of m .

Therefore, trilateration can be expressed as finding the solution to the following system of quadratic equations:

$$\begin{aligned}(x_m - x_a)^2 + (y_m - y_a)^2 &= l_{am}^2 \\(x_m - x_b)^2 + (y_m - y_b)^2 &= l_{bm}^2 \\(x_m - x_c)^2 + (y_m - y_c)^2 &= l_{cm}^2\end{aligned}$$



Triangulation

Localization based on trilateration implies that participants must be able to measure distances (or distance differences) between each other.

Triangulation works in a similar manner, **but instead of distances, angles are measured.**

In fact, it can be shown that triangulation can be transformed to trilateration by simple means (trigonometry).

Triangulation

Two cases can be distinguished ...

- a) **The mobile unit measures angles** towards signals emitted by fixed reference units. The collected data yield position and orientation.

and / or

- b) **Reference units measure angles** towards the signal emitted by the mobile unit.

Only a location estimate, but not the orientation of the mobile target, can be obtained.

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

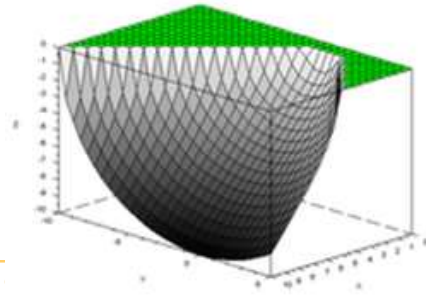
Les balises et le point forment un triangle ;
on connaît deux sommets S_1 et S_2 des balises de coordonnées (x_1, y_1, z_1) et (x_2, y_2, z_2) , et la longueur D entre les balises. Le troisième point est donc dans l'espace sur une surface vérifiant

$$d(M, S_1) - d(M, S_2) = D$$

soit

$$\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} - \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2} = D$$

qui est l'équation d'un hyperboloïde.



dp Consulting

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Mesure de la distance par triangulation

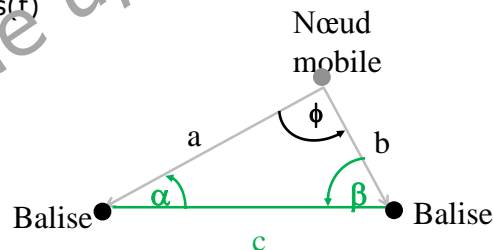
Compared to hyperbolic localization, only two reference units need be deployed (in 2D), instead of three.

Exemple simple : Cas en 2D

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos(f)$$

$$b / \sin(a) = a / \sin(b)$$

$$f = \pi - (a + b)$$



Distance entre les balises supposée connue

dp Consulting

© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Time of Arrival measurements (ToA)


To obtain the distance between two units m and p, beacon signals are transmitted between these devices.

For time of flight range measurements a clock is needed on both units.

If these clocks are synchronized, and if the time of emission of the beacon signal is known, then from the time of arrival (TOA) the time of flight (TOF) t_{pm} can be determined.

Multiplying by the signal propagation speed v yields the distance between the objects, l_{pm} .

$$L = v t \quad !!!$$

 Consulting

© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

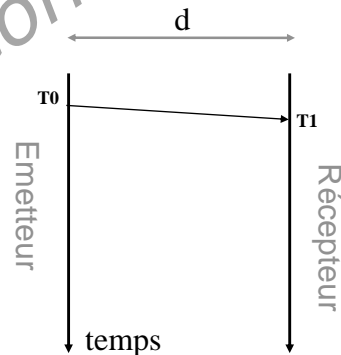
Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Distance ToA (Time of Arrival)

- Distance fonction du temps de propagation d'aller du signal
- Horloges synchronisées
- Transmission de l'heure T_0 au récepteur
- Principe du GPS

$$d = (T_1 - T_0) \times V$$


 Consulting

© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Time of Arrival measurements (ToA)

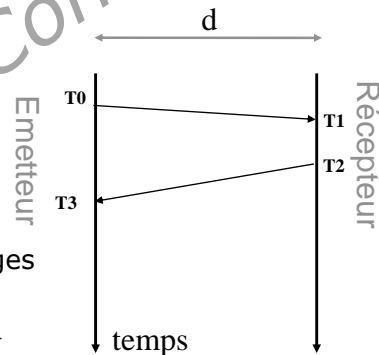
In many applications one of the objects is not equipped with an appropriate clock at all, or the clocks are not synchronized.

In this case, the distance l_{pm} between the two units can be determined by sending a beacon signal from m to p and measuring the roundtrip time $\Delta t_{pm} = 2 t_{pm} + t_r$, given that the signal is reflected by object p :

Distance basée sur le ToA

- Distance fonction du temps de propagation « A/F » du signal
- Précision des horloges limite l'exactitude de la position
- Calibration potentielle de la température ambiante (ultrason)
- Pas besoin de synchronisation des horloges

$$d = \frac{((T_3 - T_0) - (T_2 - T_1)) \times V}{2}$$



Time of Arrival measurements

- The beacon signal may be
 - **passively reflected** (reflection at surface)
 - **actively reflected** (retransmission)

Time Difference of Arrival – TDoA

Un système de localisation basé sur le temps mesuré sur les points d'accès de l'instant d'arrivée du signal émis par le mobile – ToA nécessite que les horloges du mobile et du point d'accès soient synchronisées, sinon il faut ajouter une inconnue de temps à l'équation

Au lieu d'utiliser les times of arrival (TOA) entre reference units et mobile unit **il est possible de s'affranchir du problème de synchronisation des horloges entre le mobile et les points d'accès en travaillant avec des différences de temps d'arrivée (TDoA).**

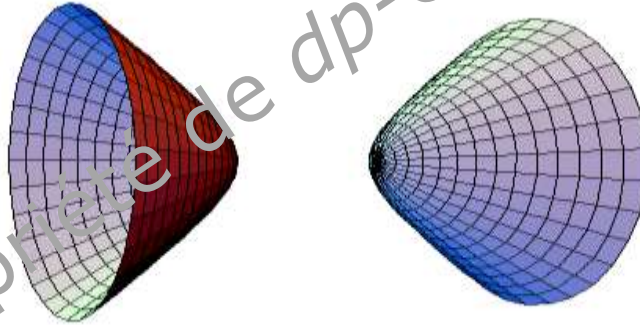
Dans ce cas, la différence de temps d'arrivée d'un signal émis par un mobile sur deux points d'accès est calculée.

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Temps de vol (TDoA)

Dans l'espace, le lieu géométrique des positions possibles du mobile est décrit par un hyperboloïde dont les foyers sont les deux points d'accès utilisés d'où le nom de **hyperbolic localization**.

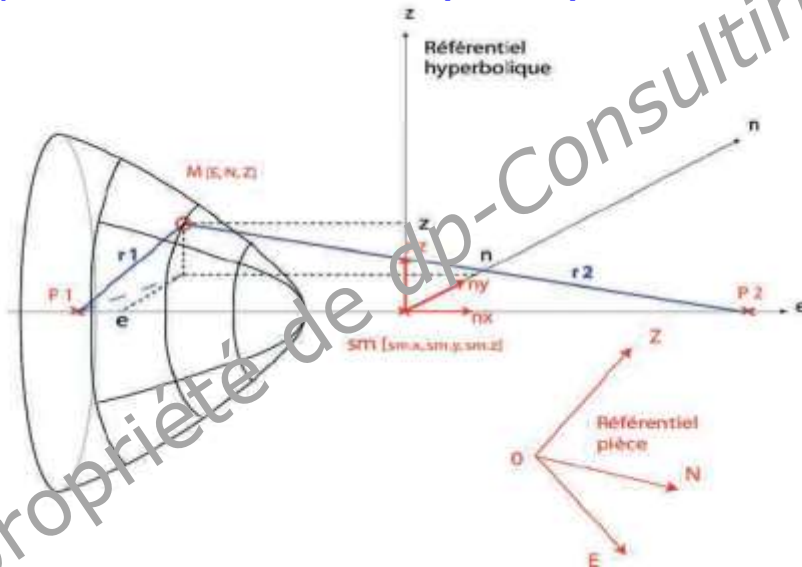


© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Hyperbolic localization (TDoA)



© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Temps de vol (TDoA)

Trois mesures de TDoA, résultant de la réception simultanée du signal sur trois points d'accès distincts, sont nécessaires pour calculer la position du mobile.

Etant donné la complexité de l'environnement construit, seule une très forte densité de points d'accès, permet d'envisager une telle configuration.

L'enregistrement des mesures de TDOA est ensuite fait en continu.

Angle d'incidence (Angle of Arrival – AoA)

Cette localisation - basée sur les angles d'incidence - **mesure l'angle entre la direction de propagation du rayonnement électromagnétique incident et la normale aux dioptries des points d'accès**, ... le tout à l'aide de rangées d'antennes spécifiques.

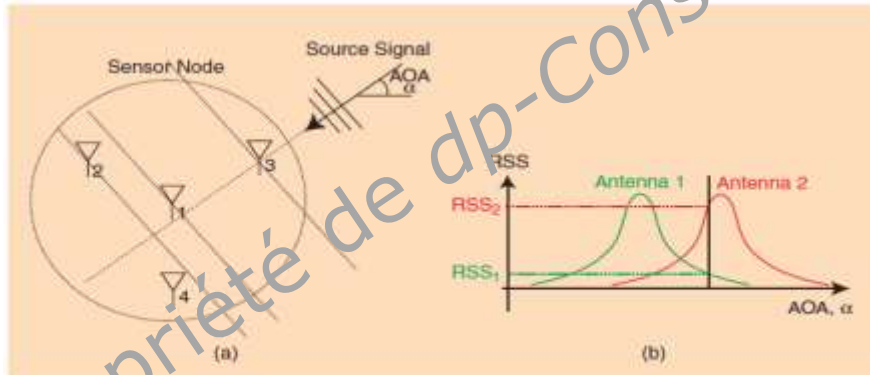
Le fait que la propagation des signaux UWB soit plus robuste face aux trajets multiples, (emploi d'une très large bande), est plutôt un désavantage dans ce cas. Il est difficile de déterminer avec précision, l'angle d'incidence dans un ensemble de signaux réfléchis. Ce procédé reste pourtant souvent utilisé dans les systèmes de localisation UWB car il requiert moins de points d'accès pour localiser un mobile. Deux références suffisent pour calculer un point dans un espace plan.

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Mesure de l'angle d'arrivée (AoA)

Permet de déterminer le cap



[FIG3] AoA estimation methods. (a) AOA is estimated from the TOA differences among sensor elements embedded in the node; a four-element Y-shaped array is shown. (b) AOA can also be estimated from the RSS ratio RSS_1/RSS_2 between directional antennas.

dp Consulting

© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Angle of Arrival (AoA)

AoA could be an alternative solution to ToA/TDoA in the UWB Context

- Lower requirements in terms of synchronization and clock precision
- Two anchors are sufficient for 2D-positioning

But

- UWB Arrays Antennas technology may be not mature
- AoA requires precise calibration at anchor nodes
- Cost increases with size and size may not be reduced
- The number of elements in the array highly depends on the radio environment

dp Consulting

© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Dominique Paret


Jessica Cap'tronic 2013

Phase shift

The time of flight corresponds to the phase shift of the modulation signal.

If the signal is passively reflected by an object, no synchronization is required, and the roundtrip time can be measured.

This type of roundtrip time measurement is often used with mobile robots. These robots scan their environment for obstacles using rotating infrared laser beams or ultrasonic waves. The modulated emitted signal is auto-correlated with the reflected received signal.

 Consulting

© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Received signal strength (RSS).

A common ranging approach that goes **without intricate clock synchronization** is **based on signal attenuation**.

Range is deduced from the **received signal strength (RSS)**

However, indoor RF (propagation) signal strength is

- non-linear with distance (.... Friis equation $1/r^2$)
- covered with non-Gaussian noise as a result of multipath effects
- environmental effects such as building geometry and traffic.

 Consulting

© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Distance fonction du RSSI

Le RSSI est calculé à partir **d'indications imprécises** de la puissance du signal reçu

Détection d'énergie (ED: Energy Detection)


L'ED peut être utilisée par la couche réseau afin de choisir un canal de transmission

C'est une estimation de la puissance du signal reçu

LQI (Link Quality Indication)

Puissance et/ou la qualité du paquet reçu

Cette mesure peut être implémentée en utilisant l'ED ou une estimation du ratio signal sur bruit ou bien une combinaison des deux.

 Consulting

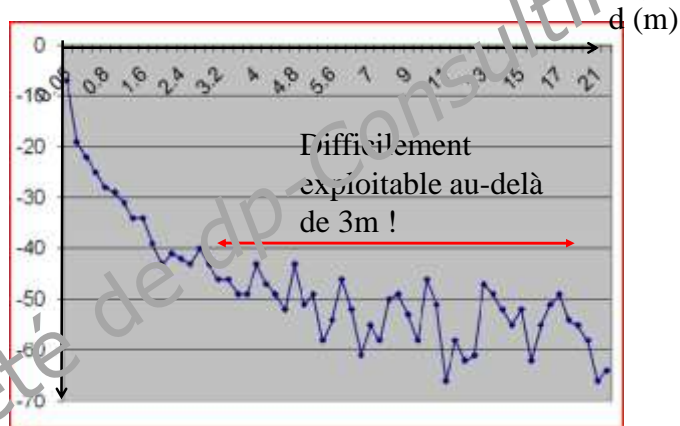
© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Exemple de signal RSSI

Position:
3 à 5 mètres près



RSSI (db)

Pas de synchronisation nécessaire entre les nœuds

 Consulting

© 2013 - toute reproduction, même partielle est interdite

Distance, fonction du RSSI

- redondance, avec fusion de données, de l'information pour améliorer la précision de la position

- Filtre de Kalman,
- algorithmes génétiques,
- logique floue,
- réseaux de neurones, ...

- si les calculs sont effectués sur le nœud mobile

- temps de calcul
- impact sur la vitesse de déplacement du nœud mobile
- impact sur la consommation et la puissance du nœud mobile

Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Lower requirements in terms of synchronization and clock precision

But

- RSSI requires precise channel behavioral model
- RSSI is sensitive to channel inconsistency and non-stationarity
- RSSI does not benefit from UWB high resolution

RSSI could be an alternative solution to ToA/TDoA in the UWB context

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Géolocalisation par empreintes

- Les puissances des signaux émis par les balises sont mesurées à des points précis (avec redondance des mesures)
- Enregistrement des données mesurées dans une BDD (Banque de données)

Dominique Paret

Jessica Cap'tronic 2013

Géolocalisation par empreintes

- **Les puissances des signaux émis ou reçus par le nœud mobile sont comparées avec la BDD**
- Plus le nombre de points de référence est grand, meilleur est le positionnement
- **Cela suppose un environnement stable pour que les empreintes soient significatives**

Positionnement: exactitude de l'ordre de 1m

Comparison of absolute positioning techniques

- RSS** very low accuracy and thus strongly depends on additional algorithmic support.
- ToA** based on that all units have a synchronized time reference.
- TDoA** The same is true except for the fact that the time of emission of the signal is irrelevant. Hence, only the reference units, but not the mobile unit, must be synchronized.
- AoA** The advantage of AOA techniques over TOA and TDOA is that no units need be synchronized at all.
However, the trade-off is that significantly larger and more complex hardware is required. Furthermore, the location estimate degrades as the mobile target moves farther from the reference units.

Etude expérimentale des exactitudes

