



# Triangolazione acustica e applicazioni



Canzonieri Giuliano (046001390)  
Convertino Francesco (046001463)





# Indice

- Metodi di RANGING:
  - ToA
  - TDoA
  - AoA
- Tecniche di posizionamento:
  - Trilaterazione
  - Multilaterazione
  - Triangolazione
- Triangolazione Acustica:
  - Applicazione Industriale
  - Applicazione Zoologica



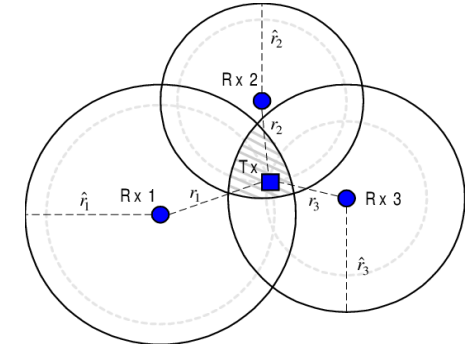
# RANGING

I metodi di ranging servono per determinare la posizione di un emettitore, dati una serie di sensori di coordinate note. I vari metodi differiscono per accuratezza, hardware e logica di funzionamento. Per ricavare le coordinate dell'emettitore, si possono sfruttare il tempo trascorso tra l'emissione e la ricezione e la direzione da cui proviene il segnale. I principali metodi di ranging sono:

- ToA (Time of Arrival)
- TDoA (Time Difference of Arrival)
- AoA (Angle of Arrival)



# ToA (Time of Arrival)



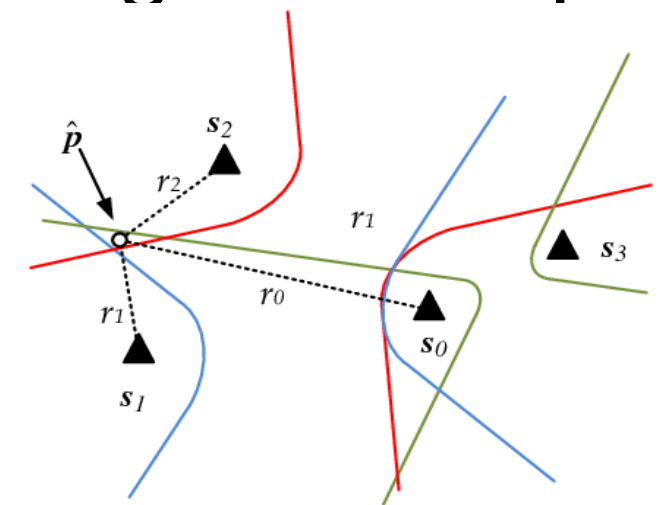
Il metodo ToA (Time of Arrival) calcola la distanza tra l'emettitore e il nodo ricevente considerando il tempo trascorso tra l'emissione e la ricezione del segnale. Infatti conoscendo la velocità di propagazione del segnale nel mezzo e il tempo impiegato per arrivare da un punto all'altro (time-of-flight, o tempo di volo), lo spazio percorso è direttamente calcolabile nel seguente modo:

$$R_i = c \cdot t$$



# TDoA (Time Difference of Arrival)

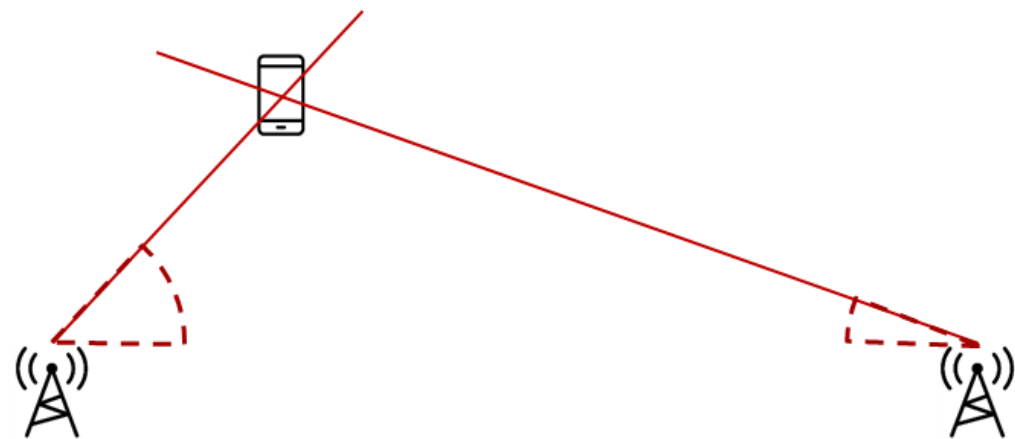
Il metodo TDoA (Time Difference of Arrival) sfrutta lo stesso principio di ToA, ovvero il tempo impiegato dal segnale per arrivare da un nodo sorgente al nodo ricevente, per poter calcolare la distanza tra i due nodi in questione. A differenza di ToA, che calcola il time-of-flight tra il trasmettitore ed ogni singolo sensore, TDoA sfrutta la differenza di tempo di volo tra gli stessi per calcolare la distanza tra i vari sensori.





# AoA (Angle of Arrival)

Il metodo AoA (Angle of Arrival) determina la posizione di un device mobile attraverso l'angolo con cui il segnale arriva a due sensori di coordinate note. Applicando poi la tecnica della triangolazione è possibile ricavare le coordinate del trasmettitore, che si troverà sull'intersezione delle due direzioni.





# Tecniche di posizionamento

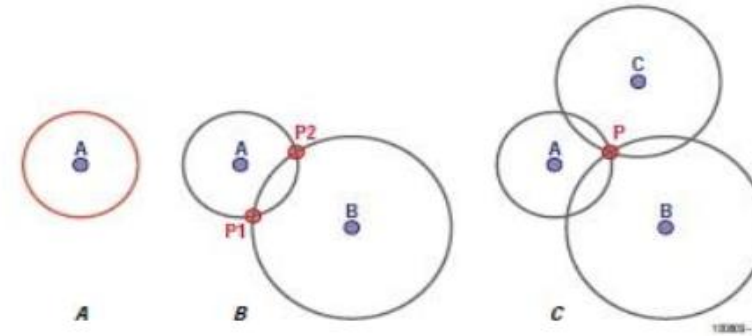
Una volta ottenute delle informazioni con i metodi di ranging, è necessario elaborare questi dati al fine di trasformare distanze, tempi e potenze di segnale in coordinate, e trovare così la posizione. A tale scopo, esistono diverse tecniche di posizionamento e tra le più importanti figurano la:

- trilaterazione
- la multilaterazione
- la triangolazione.





# Trilaterazione



La trilaterazione è una tecnica che permette di determinare la posizione assoluta o relativa di un punto misurando distanze, e sfruttando la geometria di cerchi, sfere e triangoli. Questa tecnica si basa sul fatto che, conoscendo la lunghezza dei tre lati di un triangolo, è possibile costruire un solo triangolo, in quanto figura rigida. Sulla base di questi principi, per determinare univocamente le coordinate di un punto, è sufficiente conoscere le coordinate di due punti e le relative distanze dal punto ignoto.





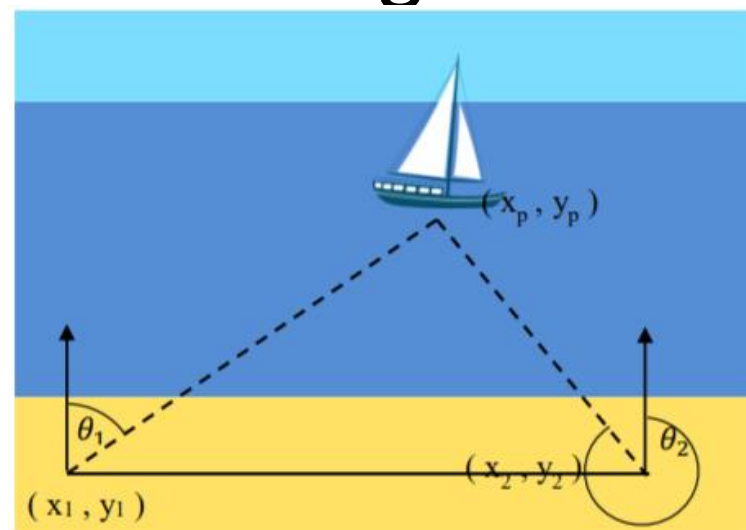
# Multilaterazione

La tecnica della multilaterazione, anche detta tecnica di massima verosimiglianza, è solitamente applicata in seguito all'utilizzo del metodo TDOA, il quale, ricordiamo, calcola le distanze tra i vari nodi ancora, sulla base della differenza di time-of-flight. Questa tecnica basa la stima della posizione di un nodo sulla minimizzazione della differenza tra la distanza stimata tramite TDoA, e la distanza effettiva ottenuta dalle coordinate.



# Triangolazione

La triangolazione è una tecnica che permette di determinare la posizione di un punto misurando gli angoli alla base di un triangolo che ha come vertici alla base due punti di coordinate note e un vertice di coordinate non note come vertice superiore. Per calcolare le coordinate a partire da misure di angoli, si utilizzano le formule della trigonometria.





# Applicazione industriale

La triangolazione acustica viene usata in seno alla rilevazione dell'emissione acustica causata da eventuali danni strutturali o deformazioni presenti in macchinari, recipienti sotto pressione, piattaforme off-shore, utensili generici ecc.

Questa particolare applicazione viene chiamata “tecnica dell’ emissione acustica (**AE**)”



# Applicazione zoologica

Tramite l'ausilio di 3 microfoni ultrasonici e un PC che possa elaborare i dati rilevati, è possibile sfruttare gli ultrasuoni emessi da un pipistrello per studiare la sua traiettoria di volo e i suoi movimenti (TDoA).



Il Wolf Howling è una tecnica di studio usata per monitorare e censire i brachi di lupo. Tale processo si basa sulla triangolazione degli ululati emessi dai lupi.





# Conclusioni

Dopo l'approfondita ricerca che la realizzazione di questo progetto ci ha portato ad eseguire siamo rimasti stupiti dalla varietà di applicazioni pensate per la triangolazione e, soprattutto, non ci aspettavamo il suo impiego in ambito zoologico!





Canzonieri Giuliano (O46001390)  
Convertino Francesco (O46001463)

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**