



Trieste
Next

WATERWISE

2^a edizione

#triestenext #next02

SALONE EUROPEO
DELLA RICERCA SCIENTIFICA
27-28-29 SETTEMBRE 2013

ONDE PER NON PERDERSI FRA LE ONDE

LA NAVIGAZIONE E LE TELECOMUNICAZIONI

Relatori:

FULVIO BABICH, ALESSANDRO CRISMANI, MARCO DRIUSSO, ALJOŠA DORNI

Posizionamento

- ▶ utile in mare per navigazione e soccorso

ma anche

- ▶ navigazione aerea e spostamenti terrestri
- ▶ chiamate di emergenza
- ▶ nelle reti di sensori
 - ▶ monitoraggio di condizioni ambientali
- ▶ interazioni ambiente-utente
 - ▶ servizi basati sulla posizione
 - ▶ social networking

→ molta ricerca

SISTEMI DI POSIZIONAMENTO: PRINCIPI E SVILUPPI



Parleremo di:

- ▶ classificazioni
- ▶ misure
 - ▶ misure di tempo, di potenza, di angoli
- ▶ tecniche di localizzazione
 - ▶ triangolazione, *fingerprinting*, cell ID
- ▶ sviluppi futuri
 - ▶ posizionamento indoor, cooperazione, etc ...

Entità coinvolte

- ▶ *anchors* (AN) → nodo con posizione nota
 - ▶ sistemi satellitari (GNSS) → satelliti
 - ▶ sistemi cellulari → base stations (BSs)
 - ▶ rete locale wireless (WLAN) → access points (APs)
- ▶ *agents* (AG) → nodo la cui posizione deve essere stimata
 - ▶ GNSS → smartphone o navigatore
 - ▶ sistemi cellulari → mobile stations (MSs)
 - ▶ WLAN → qualsiasi host connesso

Diversi criteri

- ▶ posizionamento assoluto *vs.* relativo
- ▶ sistema centralizzato *vs.* distribuito
- ▶ topologia
 - ▶ luogo di acquisizione/elaborazione della misura
- ▶ raggio di copertura
 - ▶ sistemi satellitari, cellulari, a corto raggio
- ▶ integrazione nel sistema di comunicazione
 - ▶ sistemi integrati, opportunistici, ibridi

Il posizionamento

- ▶ si basa sull'elaborazione di una "misura"

Può essere:

- ▶ misura di distanza o *range*
 - ▶ misura di potenza → RSS
 - ▶ misura di tempo → ToA
- ▶ misura di differenza di tempo → TDoA
- ▶ misura di direzione (angolo) → DoA

Stima distanza

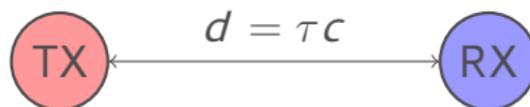
- ▶ da misura della potenza ricevuta
- ▶ ipotesi: modello di propagazione
 - ▶ mette in relazione distanza e potenza ricevuta

Caratteristiche

- ▶ misura semplice
- ▶ accuratezza dipende da corrispondenza tra realtà e modello scelto
- ▶ difficoltà dovute a comportamenti stocastici dello scenario di propagazione

Stima distanza d

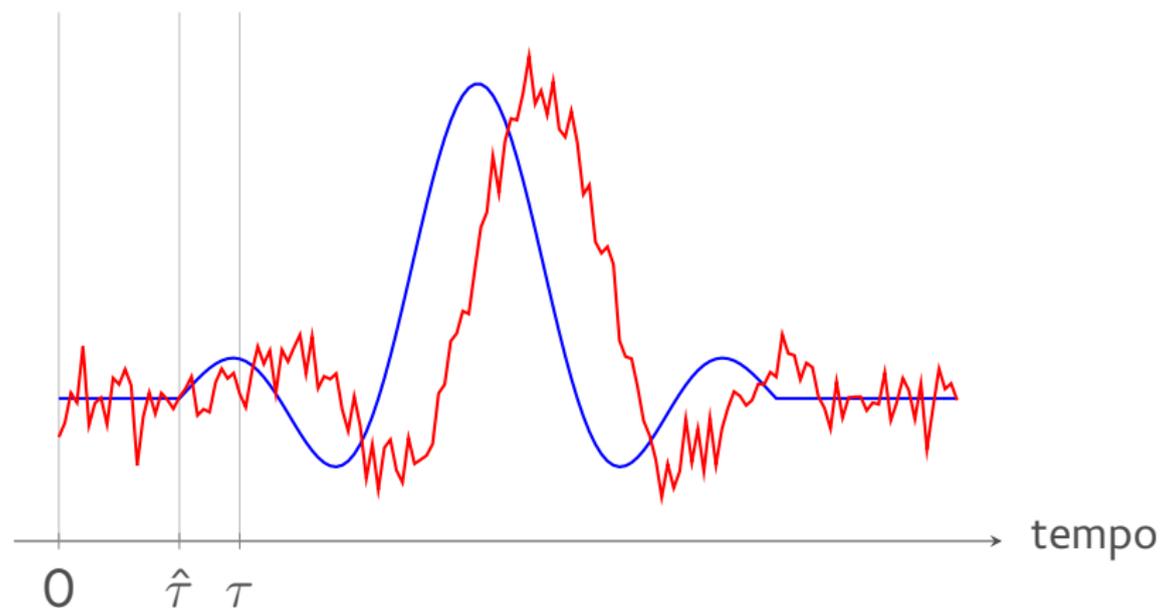
- ▶ da misura del tempo τ di propagazione di un segnale
- ▶ misura del tempo di sola andata
 - ▶ TX ed RX devono avere "stesso orologio"
- ▶ misura del tempo di andata e ritorno
 - ▶ più semplice, non necessario sincronismo



TOA - MISURA DELL'ISTANTE DI ARRIVO

Molte tecniche, anche molto complesse

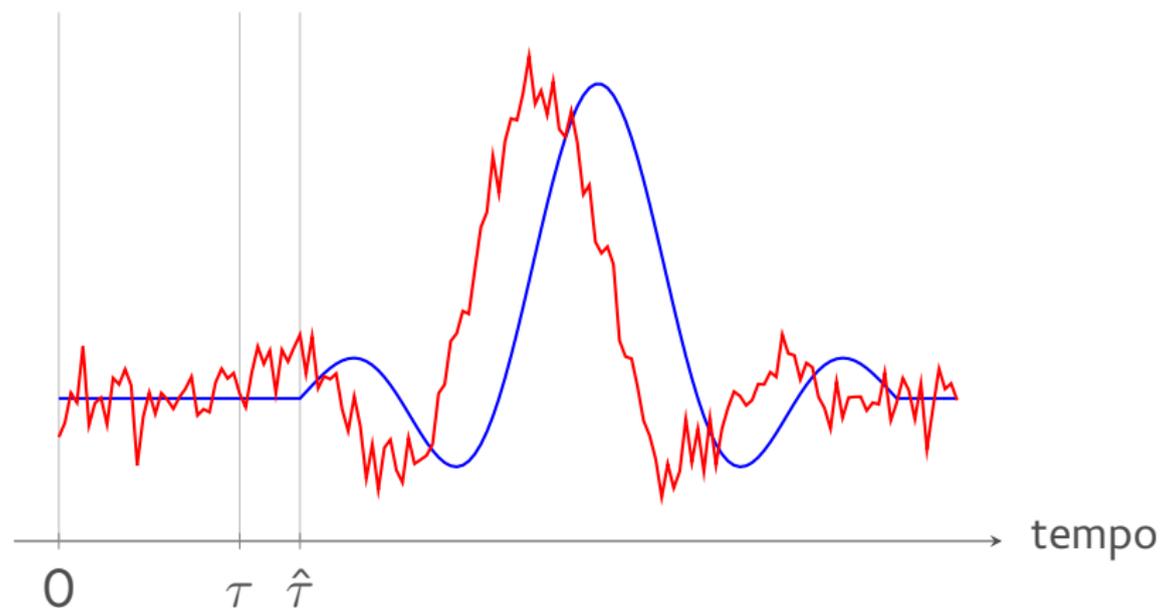
- ▶ la piu' semplice → cross-correlazione



TOA - MISURA DELL'ISTANTE DI ARRIVO

Molte tecniche, anche molto complesse

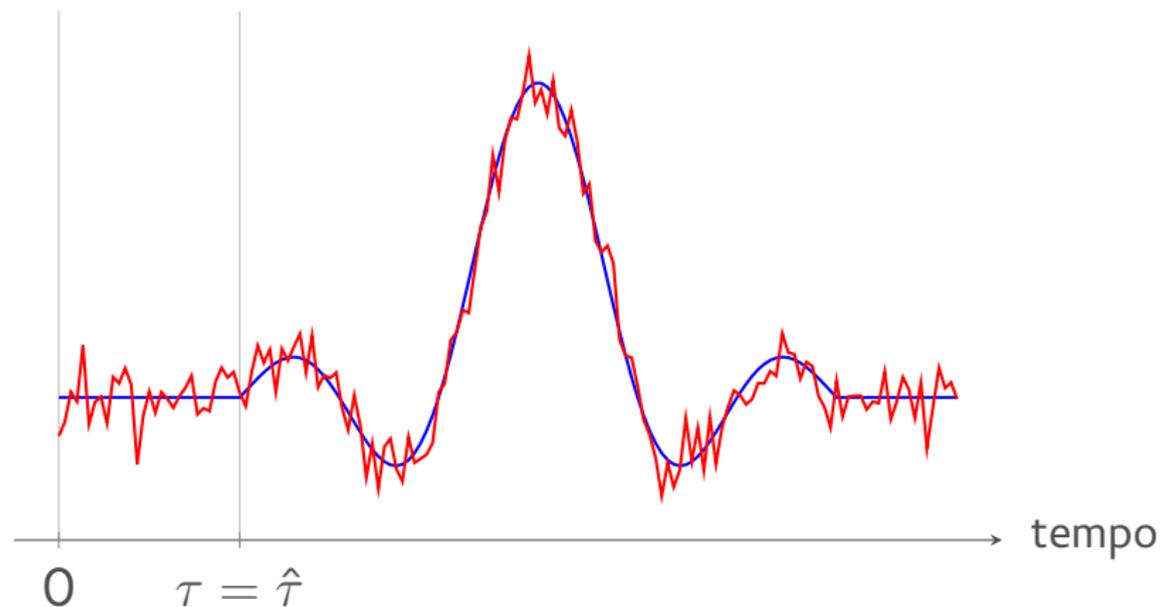
- ▶ la piu' semplice → cross-correlazione



TOA - MISURA DELL'ISTANTE DI ARRIVO

Molte tecniche, anche molto complesse

- ▶ la piu' semplice → cross-correlazione



Sincronismo

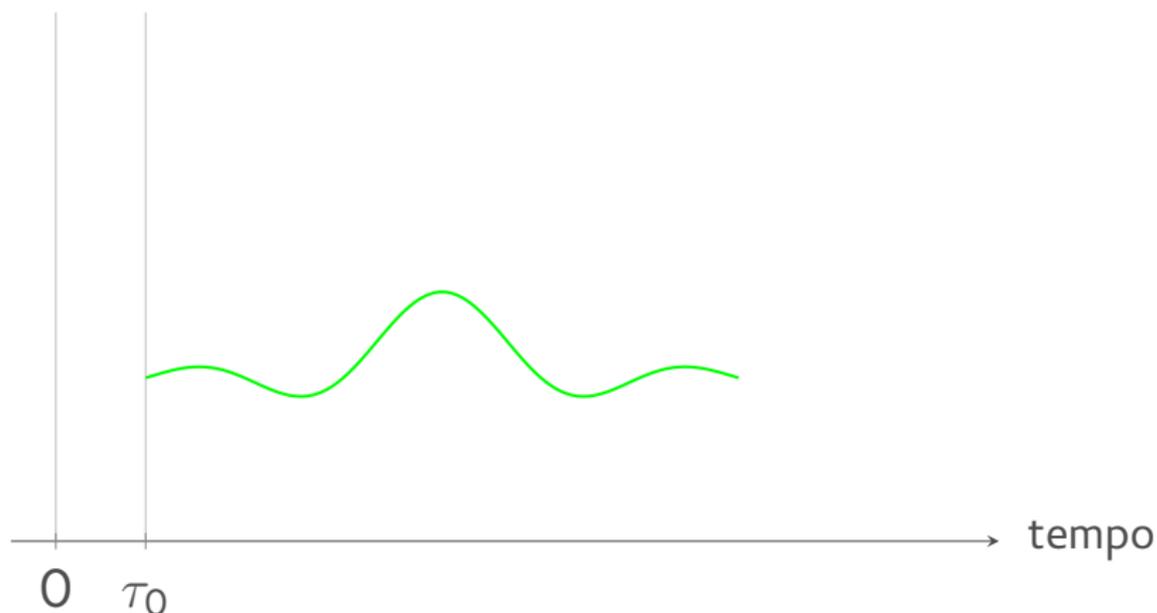
- ▶ difficile sincronizzare tutti elementi della rete, soprattutto MS
- ▶ si accetta non-sincronismo di MS introducendo nuova incognita → GPS

Ambiente di propagazione

- ▶ propagazione per cammini multipli
- ▶ non visibilità tra TX ed RX
 - ▶ aree urbane dense
 - ▶ interni di edifici

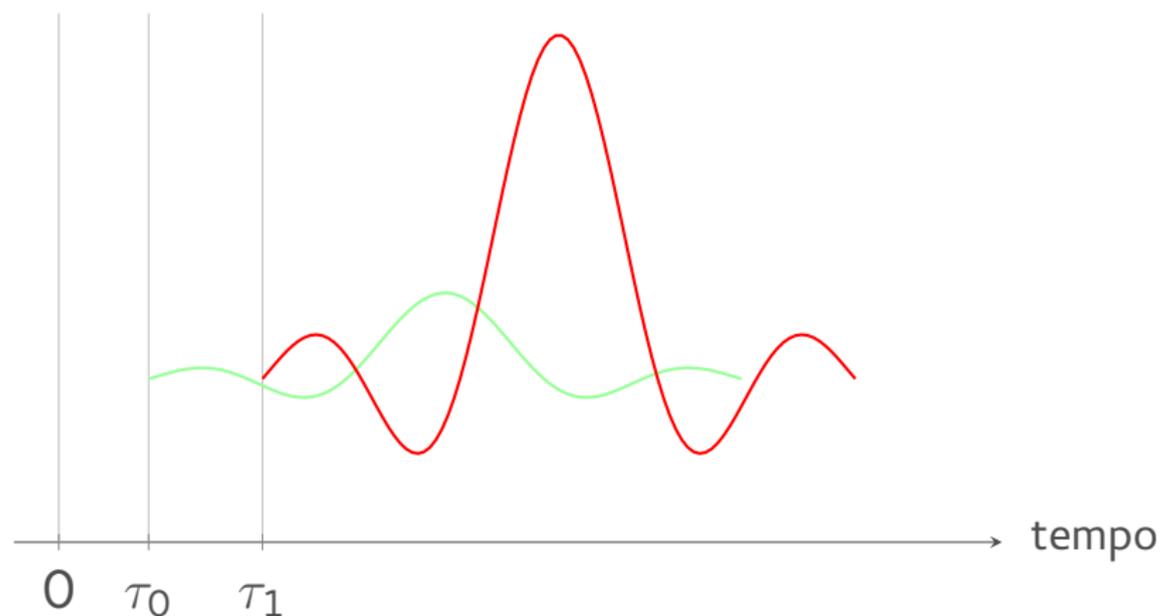
Conseguenze del *multipath*

- ▶ più repliche, possibile distorsione



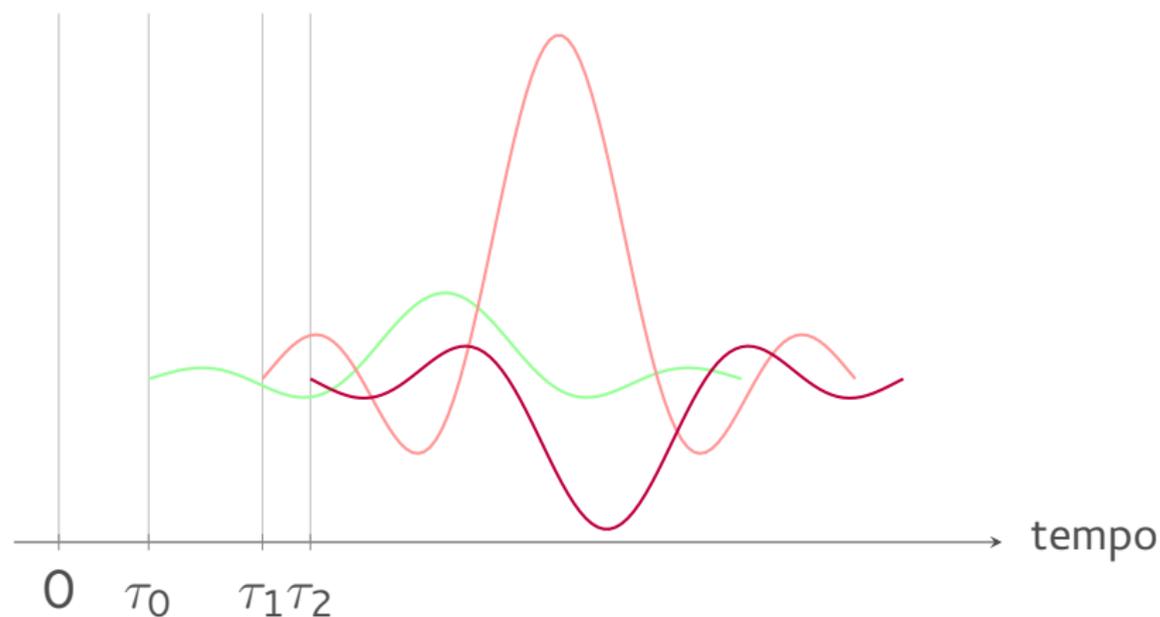
Conseguenze del *multipath*

- ▶ più repliche, possibile distorsione



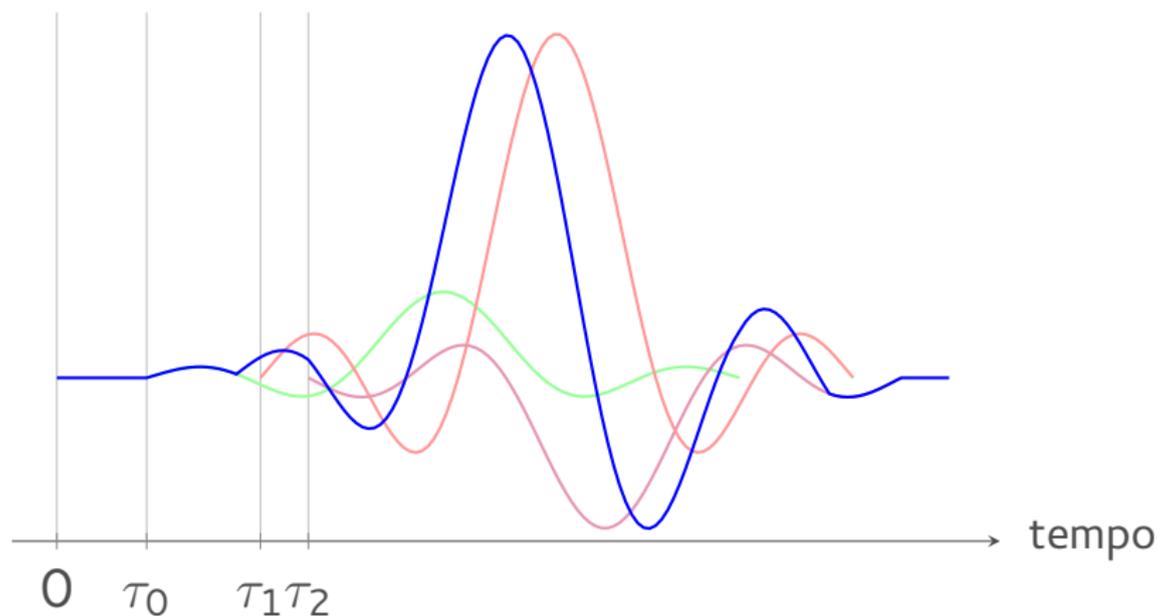
Conseguenze del *multipath*

- ▶ più repliche, possibile distorsione



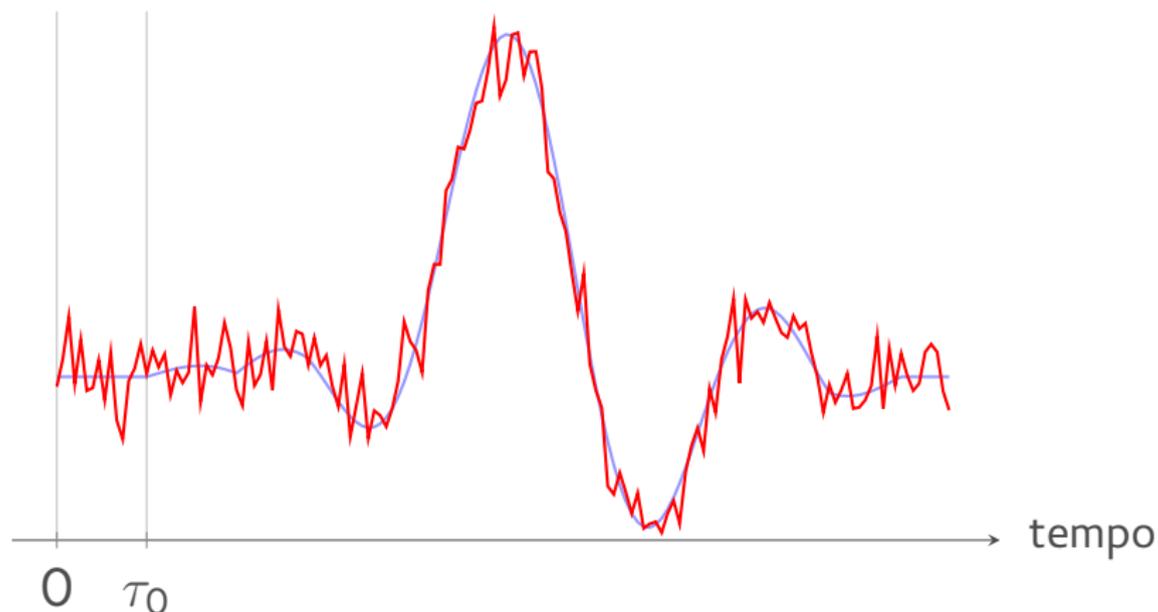
Conseguenze del *multipath*

- ▶ più repliche, possibile distorsione



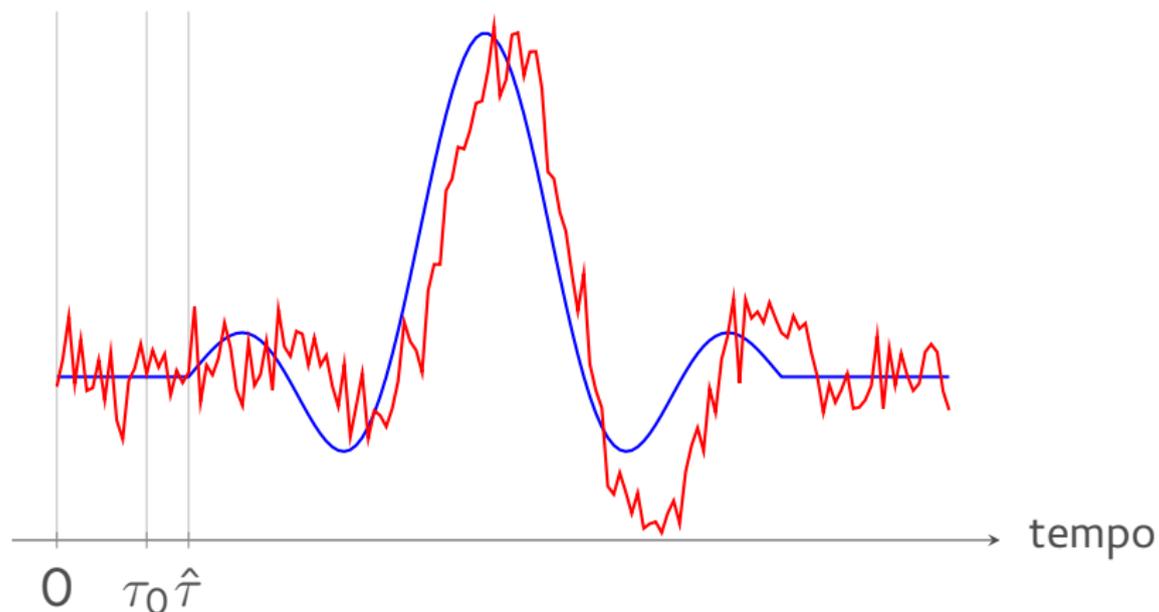
Conseguenze del *multipath*

- ▶ più repliche, possibile distorsione



Conseguenze del *multipath*

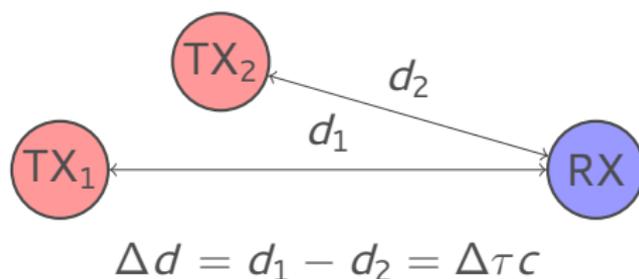
- ▶ cross-correlazione fallisce



TDOA - TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL

Stima differenza di distanza Δd

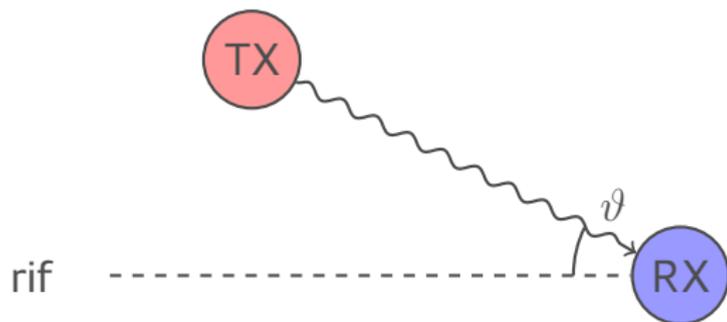
- ▶ da misura differenza $\Delta\tau$ tra istanti di arrivo di due segnali
- ▶ segnali arrivano da TX sincronizzati
- ▶ RX non deve essere sincronizzato con i TX



DOA - DIRECTION OF ARRIVAL

Misura angolo di arrivo ϑ di un segnale al ricevitore \rightarrow RDF

- ▶ almeno una antenna direzionale
- ▶ oppure schiera di antenne
- ▶ risente di multipath e oscuramento da grandi ostacoli



Come viene utilizzata la misura per determinare la posizione

- ▶ triangolazione
- ▶ cell identification
- ▶ fingerprinting

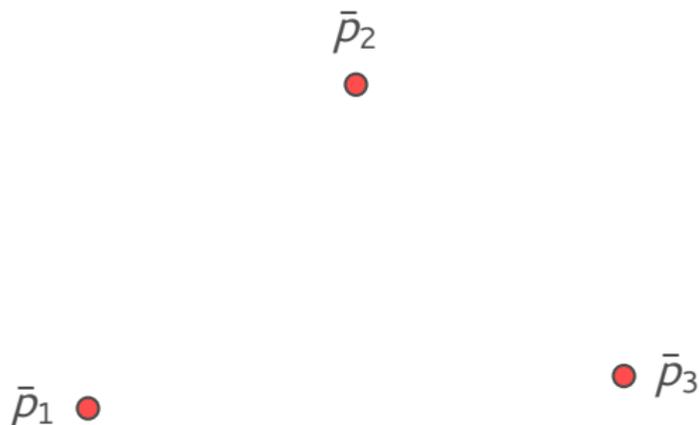
Utilizza:

- ▶ misure
 - ▶ distanza \rightarrow ToA, RSS
 - ▶ differenze di distanza \rightarrow TDoA
 - ▶ angolo \rightarrow DoA
- ▶ metodi trigonometrici
- ▶ posizione riferimenti \bar{p}_i nota a priori

per stimare la posizione $\bar{p}_0 = (x_0, y_0, z_0)$

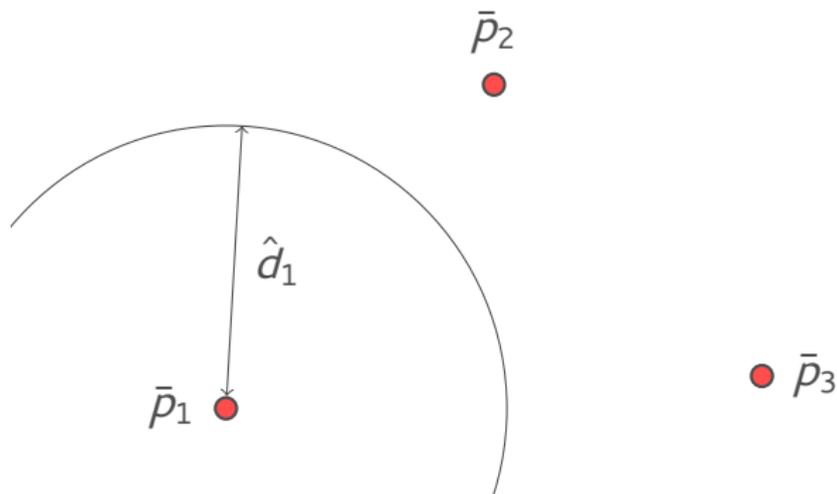
Necessarie

- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\hat{d}_1, \hat{d}_2, \hat{d}_3$



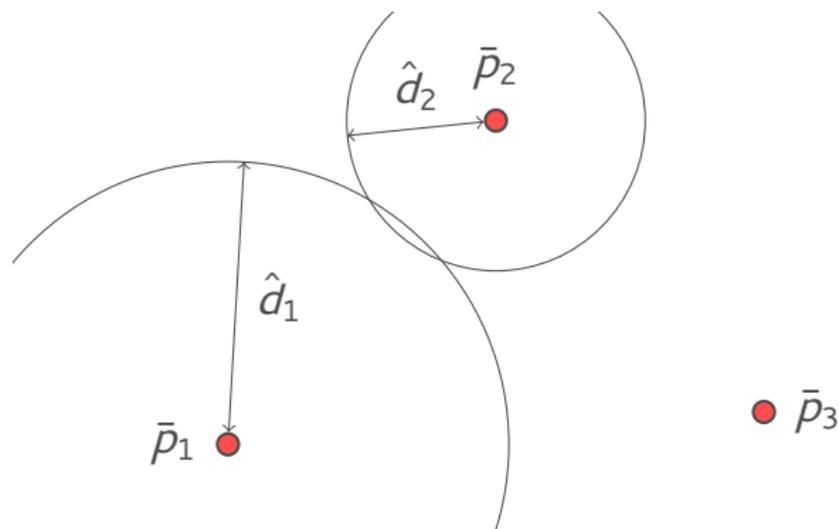
Necessarie

- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\hat{d}_1, \hat{d}_2, \hat{d}_3$



Necessarie

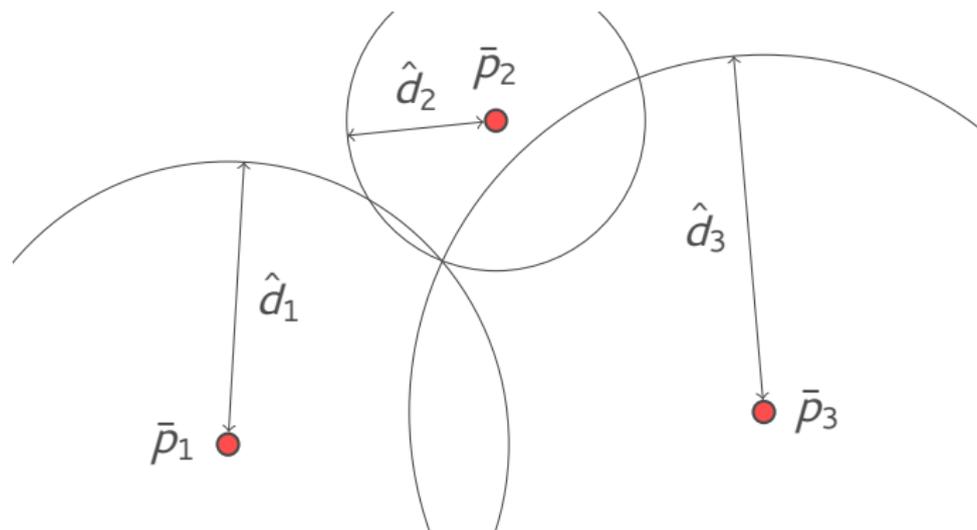
- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\hat{d}_1, \hat{d}_2, \hat{d}_3$



TRIANGOLAZIONE CON MISURE DI DISTANZA

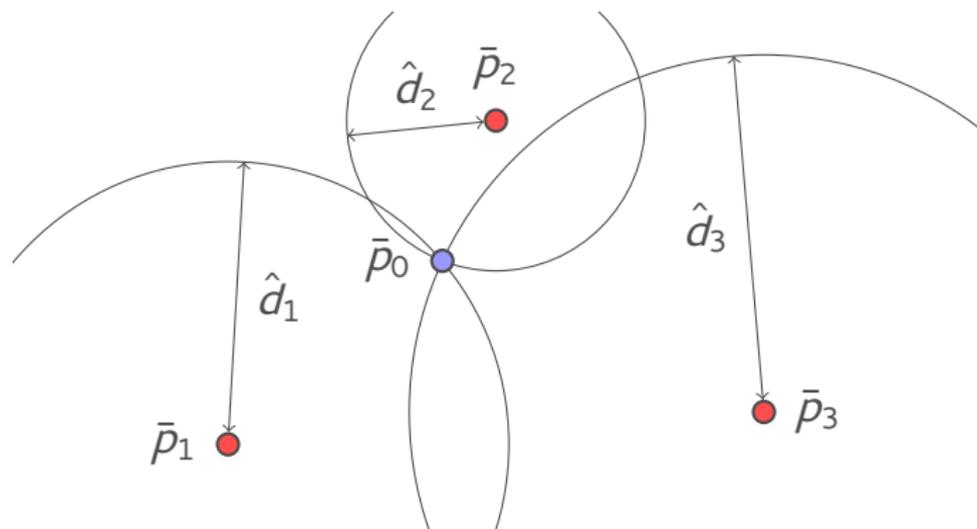
Necessarie

- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\hat{d}_1, \hat{d}_2, \hat{d}_3$



Necessarie

- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\hat{d}_1, \hat{d}_2, \hat{d}_3$



Caso dei sistemi satellitari (es. GPS)

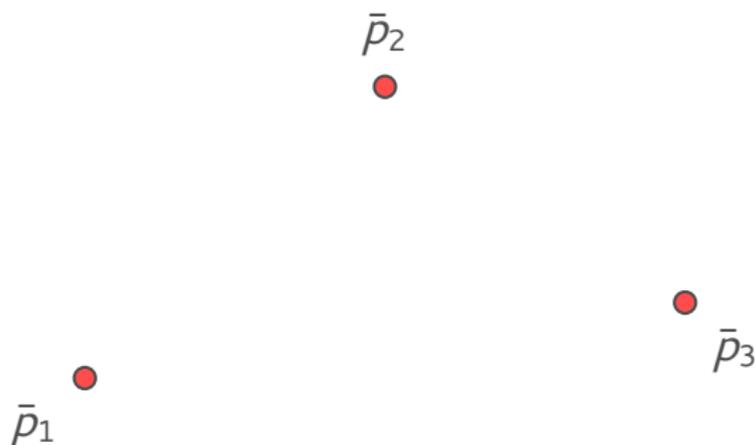
- ▶ spazio 3D
 - ▶ necessarie 4 stime di distanza
 - ▶ ne bastano 3 se si sa distinguere tra $+\hat{z}_0$ e $-\hat{z}_0$
- ▶ misure di distanza tramite ToA
- ▶ posizione satelliti calcolata da RX
- ▶ satelliti sincronizzati ma RX non sincronizzato
 - ▶ nuova variabile ϵ_{sync} \rightarrow errore di sincronismo
 - ▶ servono 4 distanze $d_1, d_2, d_3, d_4 \rightarrow$ RX riceve da almeno 4 satelliti

TRIANGOLAZIONE CON DIFFERENZE DI DISTANZA

Necessarie

- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\widehat{\Delta d}_1, \widehat{\Delta d}_2, \widehat{\Delta d}_3$

Sistema di posizionamento iperbolico

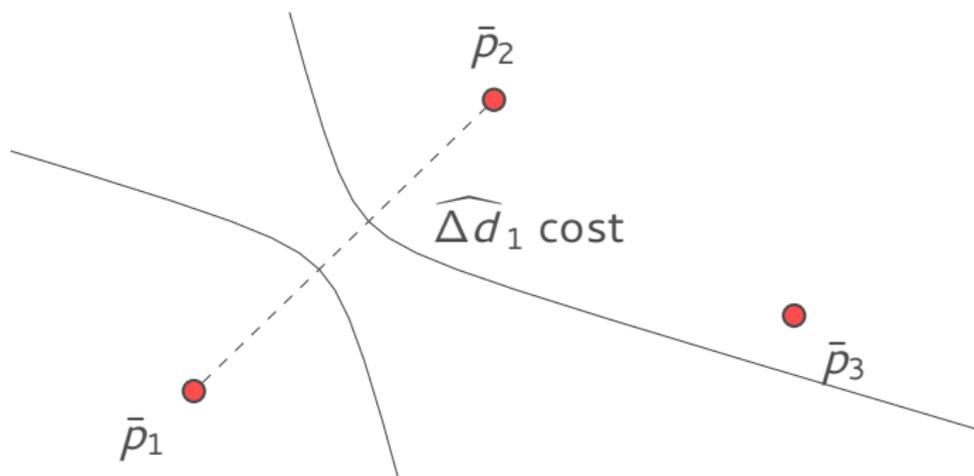


TRIANGOLAZIONE CON DIFFERENZE DI DISTANZA

Necessarie

- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\widehat{\Delta d}_1, \widehat{\Delta d}_2, \widehat{\Delta d}_3$

Sistema di posizionamento iperbolico

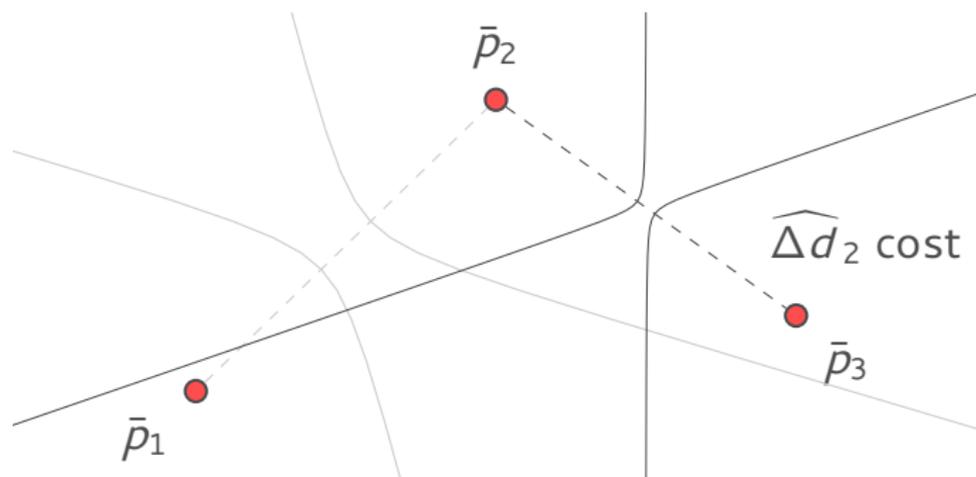


TRIANGOLAZIONE CON DIFFERENZE DI DISTANZA

Necessarie

- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\widehat{\Delta d}_1, \widehat{\Delta d}_2, \widehat{\Delta d}_3$

Sistema di posizionamento iperbolico

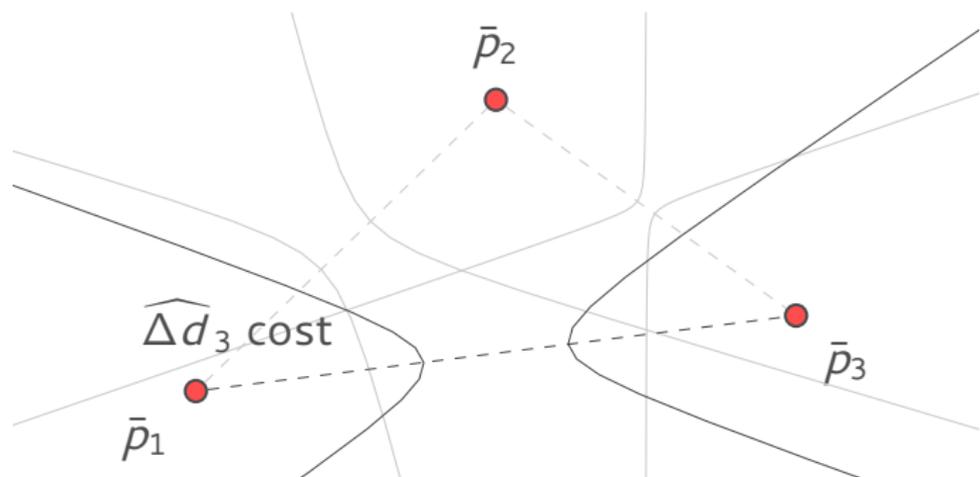


TRIANGOLAZIONE CON DIFFERENZE DI DISTANZA

Necessarie

- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\widehat{\Delta d}_1, \widehat{\Delta d}_2, \widehat{\Delta d}_3$

Sistema di posizionamento iperbolico

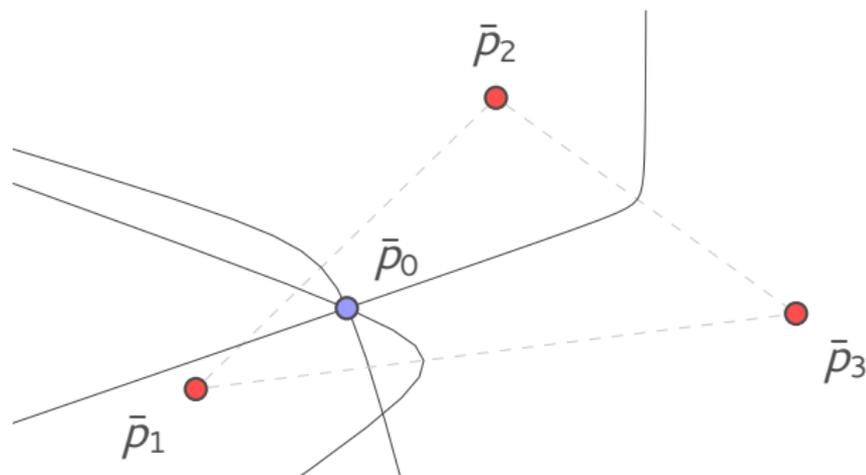


TRIANGOLAZIONE CON DIFFERENZE DI DISTANZA

Necessarie

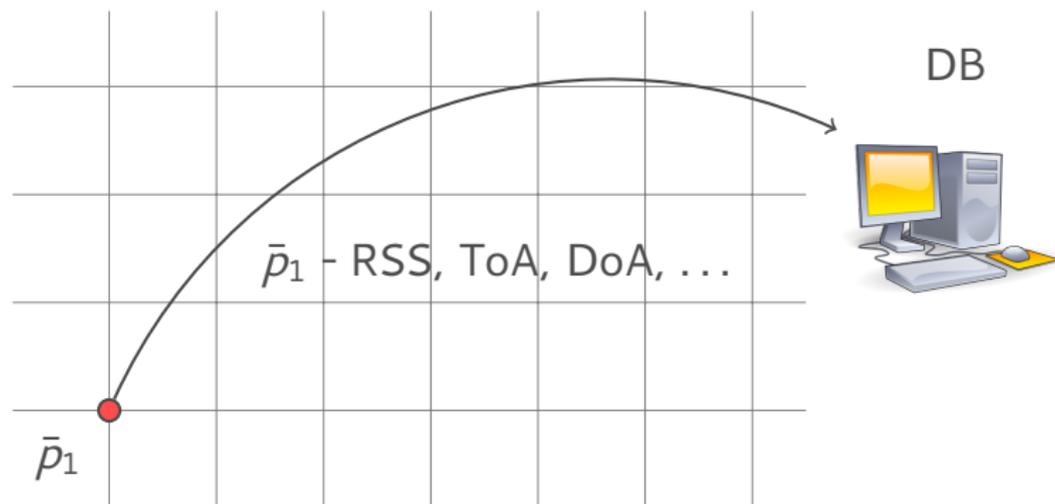
- ▶ posizione riferimenti nota a priori
- ▶ in spazio 2D \rightarrow tre stime $\widehat{\Delta d}_1, \widehat{\Delta d}_2, \widehat{\Delta d}_3$

Sistema di posizionamento iperbolico



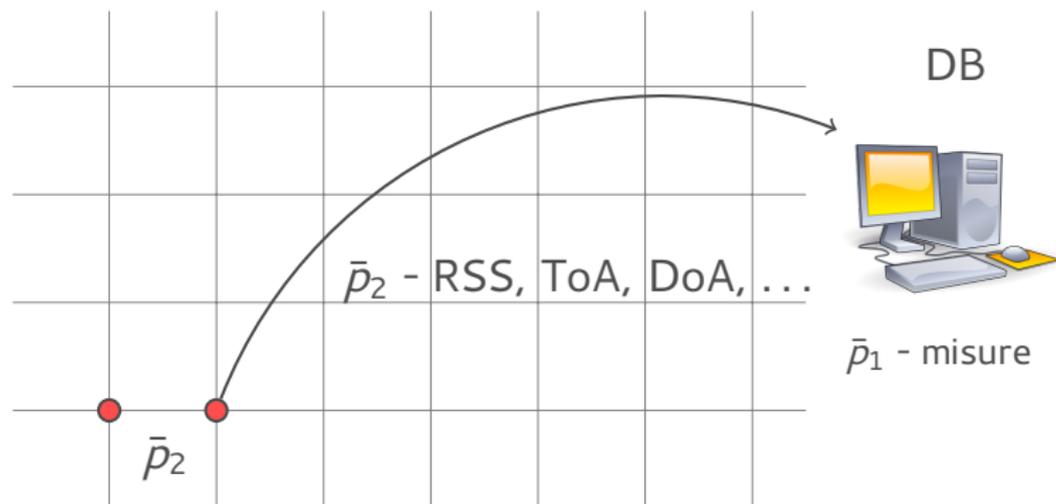
Procedura che consiste di due fasi:

- ▶ calibrazione
 - ▶ discretizzazione area da coprire
 - ▶ database (DB) memorizza "coordinata-misure"



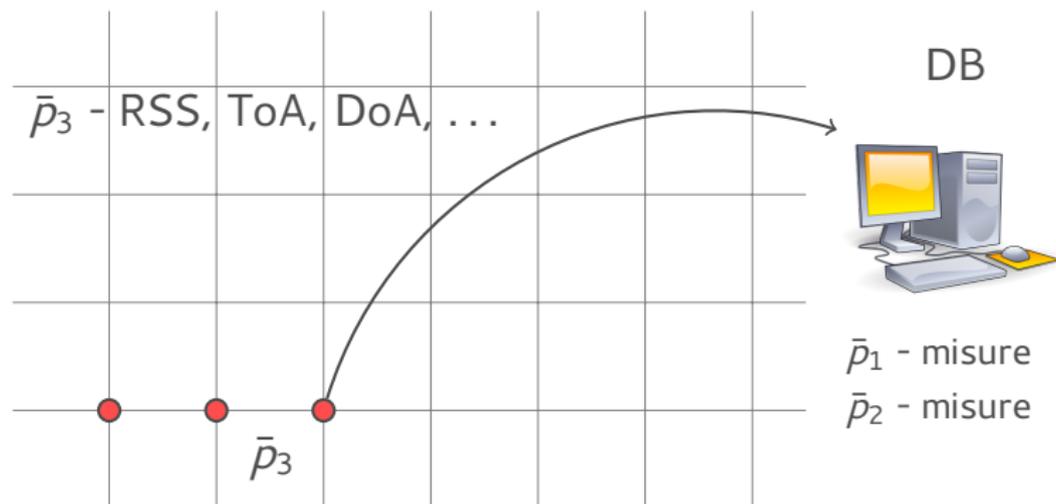
Procedura che consiste di due fasi:

- ▶ calibrazione
 - ▶ discretizzazione area da coprire
 - ▶ database (DB) memorizza "coordinata-misure"



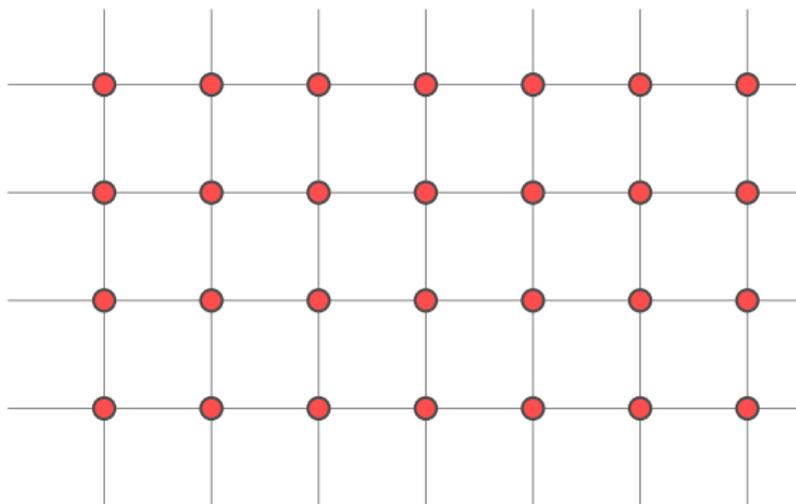
Procedura che consiste di due fasi:

- ▶ calibrazione
 - ▶ discretizzazione area da coprire
 - ▶ database (DB) memorizza "coordinata-misure"



Procedura che consiste di due fasi:

- ▶ calibrazione
 - ▶ discretizzazione area da coprire
 - ▶ database (DB) memorizza "coordinata-misure"

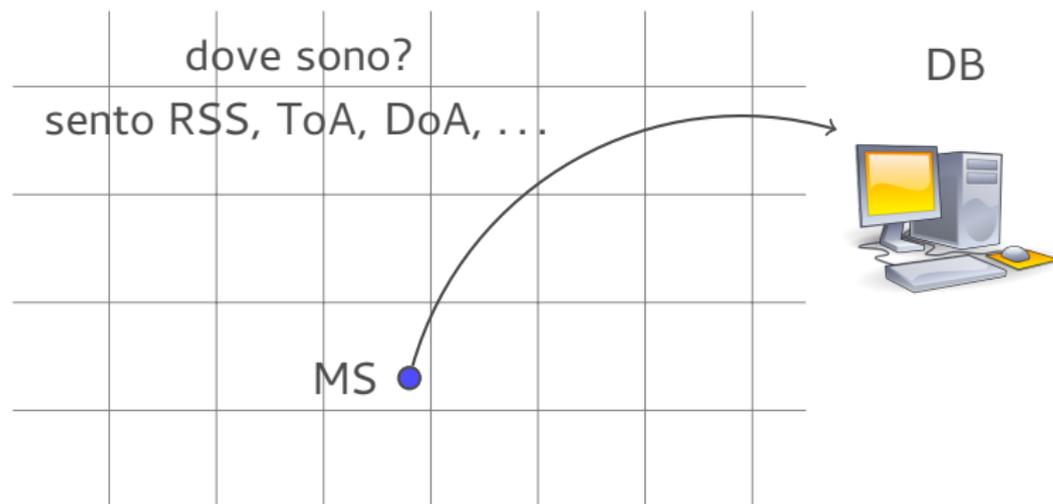


\bar{p}_1 - misure
 \bar{p}_2 - misure
 \bar{p}_3 - misure
...
 \bar{p}_N - misure

Procedura che consiste di due fasi:

- ▶ localizzazione

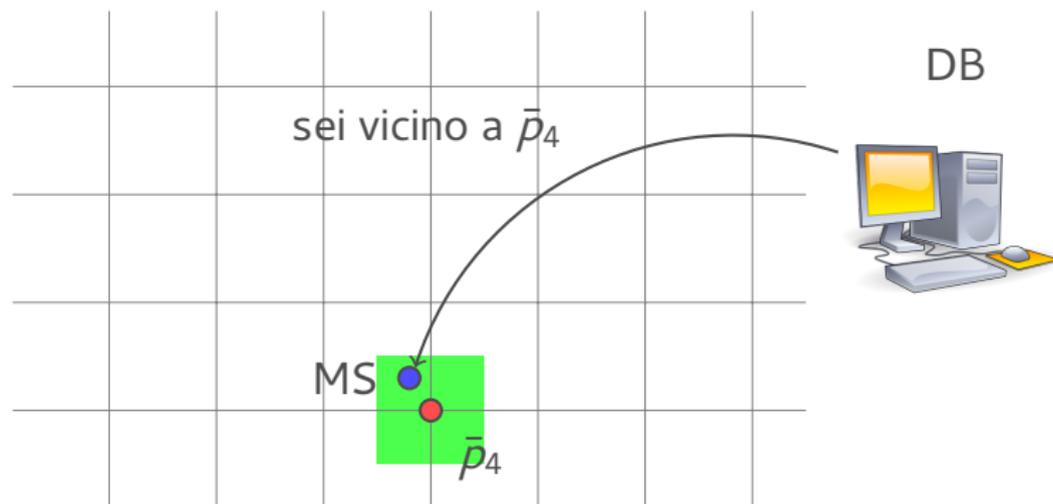
- ▶ MS esegue misure e le comunica a DB
- ▶ DB riconosce posizione "più simile" alle misure



Procedura che consiste di due fasi:

- ▶ localizzazione

- ▶ MS esegue misure e le comunica a DB
- ▶ DB riconosce posizione "più simile" alle misure



Presupposto

- ▶ MS connesso ad un elemento fisso di un'infrastruttura di rete (FRP)
- ▶ posizione FRP deve essere nota
- ▶ assunzione: posizione MS \simeq posizione FRP

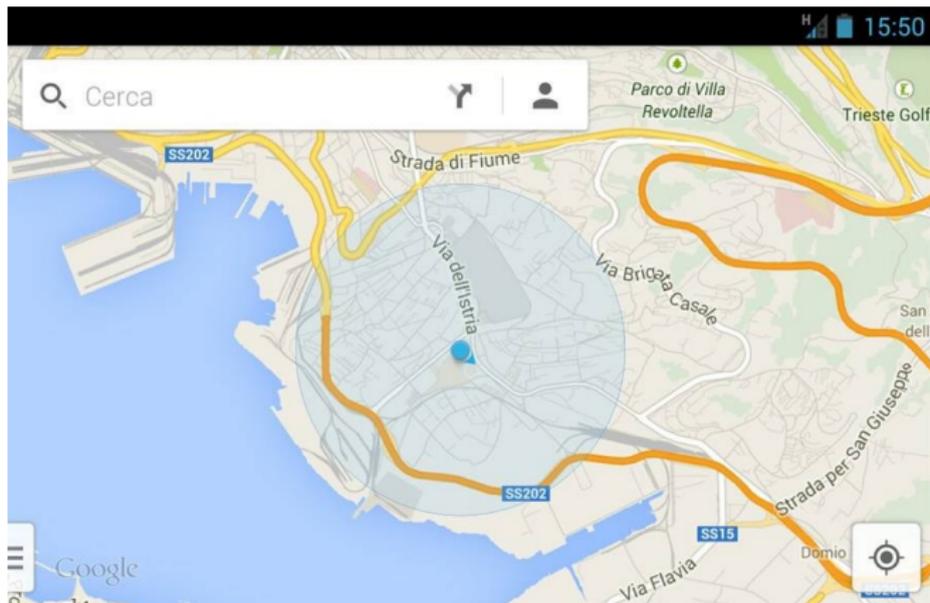
Caratteristiche:

- ▶ misura semplice
- ▶ accuratezza dipende da dimensione cella
- ▶ da integrare con altre misure (es. RSS e/o DoA) memorizzate in database

CELL IDENTIFICATION - ESEMPIO

Localizzazione con cell ID in rete cellulare

- ▶ incertezza \propto dimensioni cella (anche Km)



IL PRESENTE DELLA LOCALIZZAZIONE



Sistemi satellitari soluzione efficace, ma

- ▶ non funzionano ovunque
- ▶ infrastruttura molto costosa
 - ▶ realizzabile solo da grandi enti/organizzazioni, da cui dipendiamo totalmente
 - ▶ GPS → USA/USDOD
 - ▶ GLONASS → URSS/VKS
 - ▶ Galileo → EU/ESA

IL FUTURO DELLA LOCALIZZAZIONE



Localizzazione in scenari ostici

- ▶ interno di edifici (anche interno navi!)
- ▶ aree urbane dense

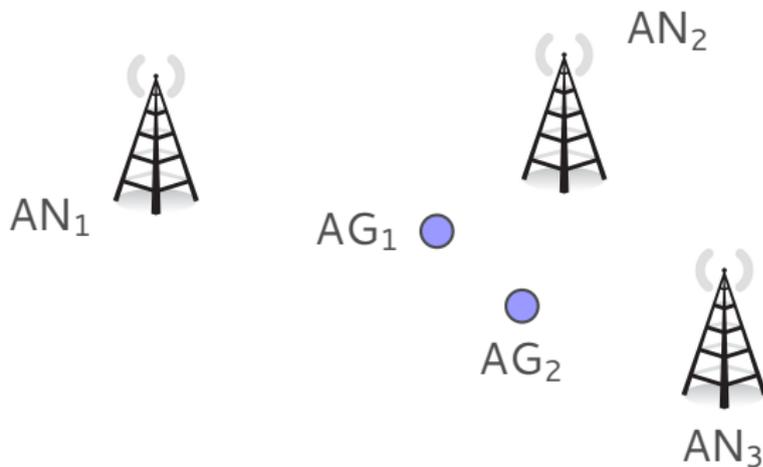
Nuove tecniche

- ▶ cooperazione
- ▶ utilizzo di segnali di connettività

COOPERATIVE LOCALIZATION

Idea

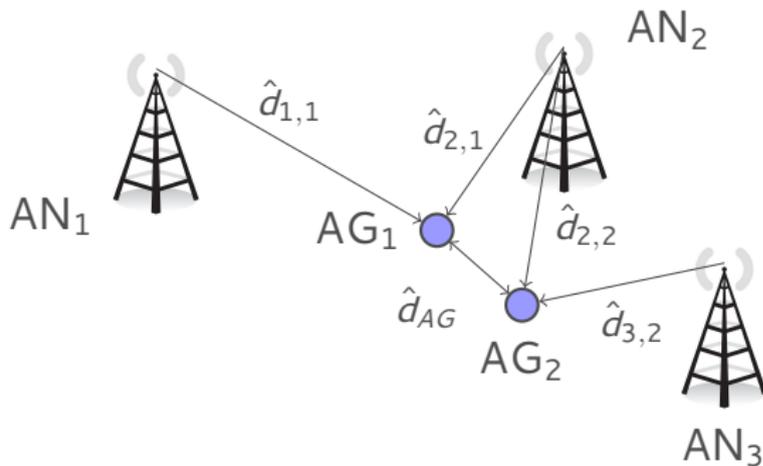
- ▶ ambiguità dovute ad AN non sufficienti
- ▶ AG cooperano e condividono misure



COOPERATIVE LOCALIZATION

Idea

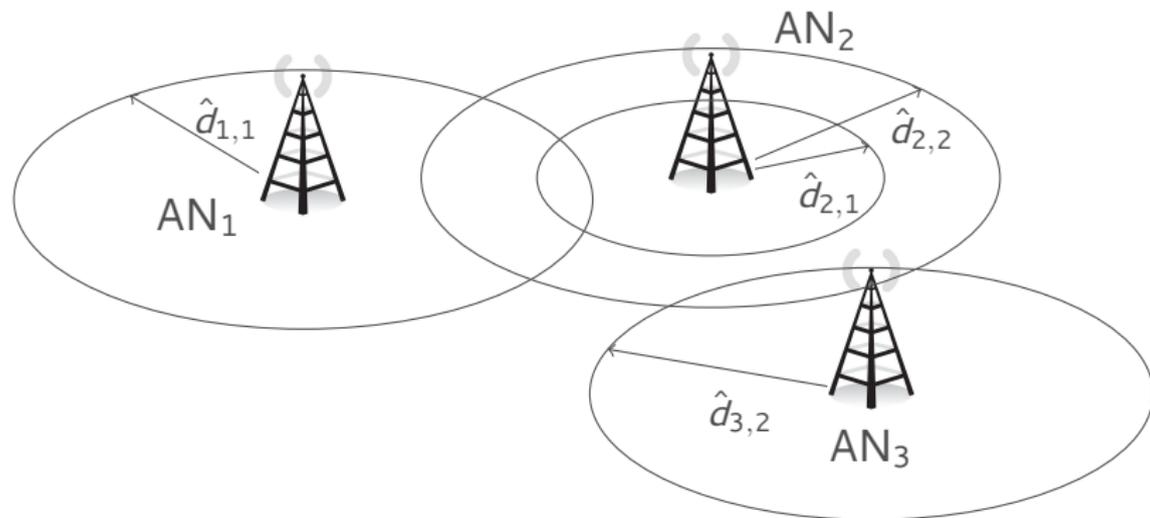
- ▶ ambiguità dovute ad AN non sufficienti
- ▶ AG cooperano e condividono misure



COOPERATIVE LOCALIZATION

Idea

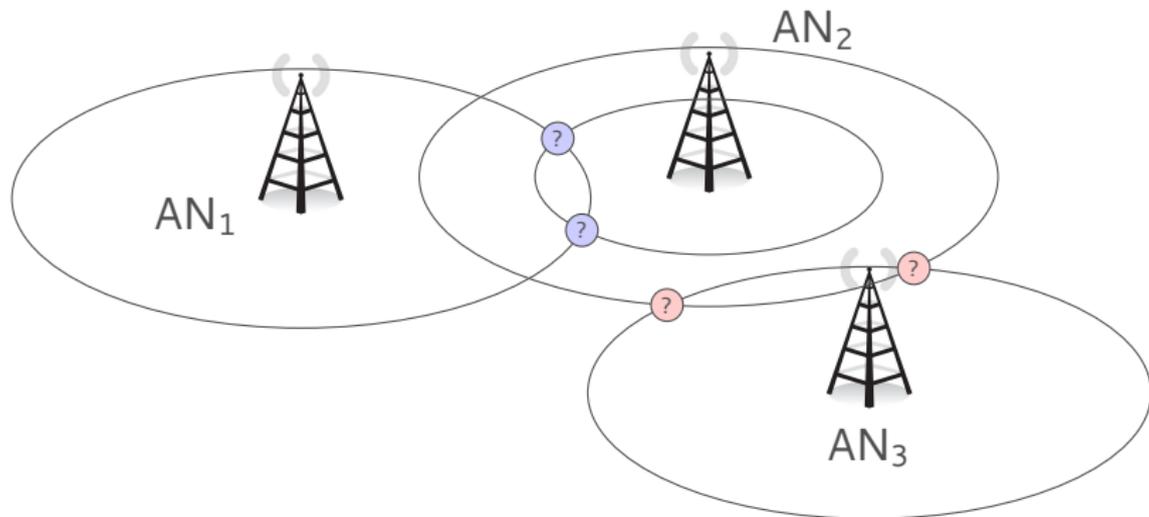
- ▶ ambiguità dovute ad AN non sufficienti
- ▶ AG cooperano e condividono misure



COOPERATIVE LOCALIZATION

Idea

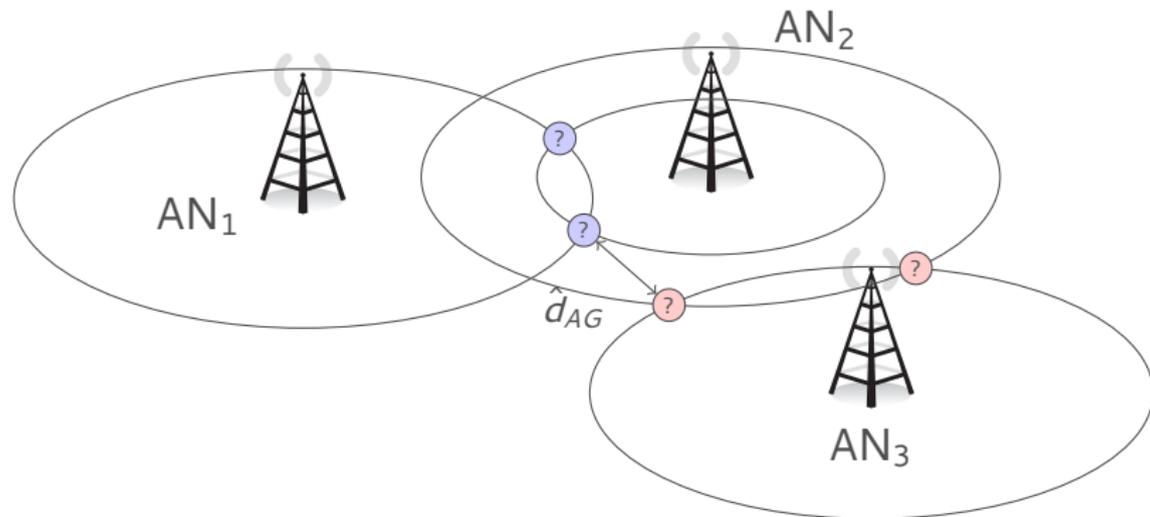
- ▶ ambiguità dovute ad AN non sufficienti
- ▶ AG cooperano e condividono misure



COOPERATIVE LOCALIZATION

Idea

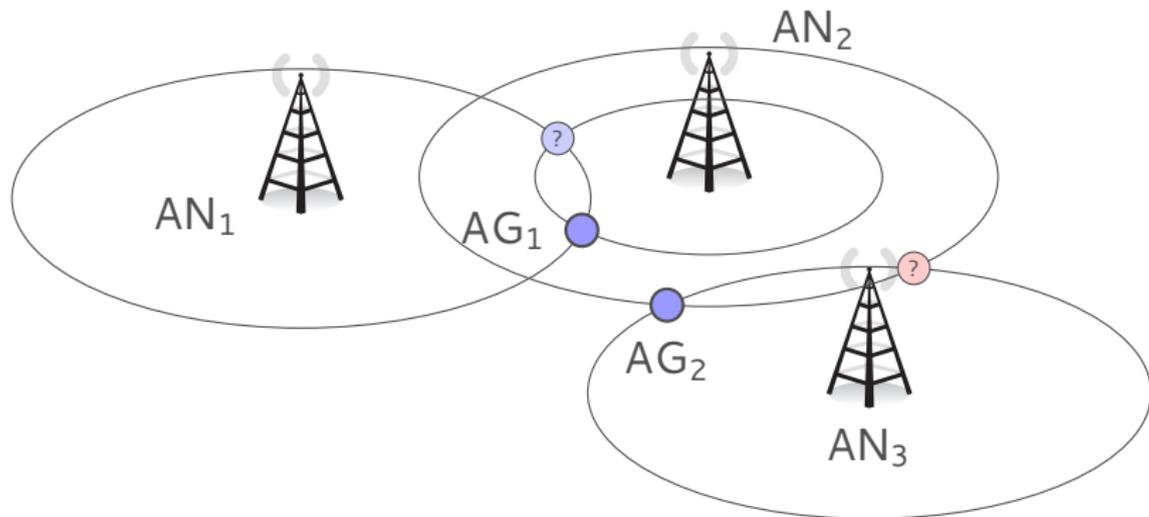
- ▶ ambiguità dovute ad AN non sufficienti
- ▶ AG cooperano e condividono misure



COOPERATIVE LOCALIZATION

Idea

- ▶ ambiguità dovute ad AN non sufficienti
- ▶ AG cooperano e condividono misure



Cooperative localization permette

- ▶ precisione \propto numero di nodi coinvolti
- ▶ posizionamento in scenari difficili
 - ▶ indoor
 - ▶ urbani

Problematiche per la ricerca

- ▶ comunicazione tra AG
 - ▶ limitazione complessità (gli AG sono dispositivi semplici!)
 - ▶ limitazione overhead di comunicazione tra AG
 - ▶ limitazione latenza nella localizzazione
- ▶ precisione della localizzazione
 - ▶ AG dovrebbe essere in grado di collegarsi al maggior numero possibile di AG/AN, anche di reti/protocolli diversi
 - ▶ AG multiprotocollo? → Software Defined Radio

Metodo di localizzazione che

- ▶ non si basa su apposita infrastruttura
- ▶ sfrutta segnali di connettività di diversa natura
 - ▶ es. WLAN, sistemi cellulari (GSM, UMTS, LTE), DVB-T, DAB
- ▶ necessari (o auspicabili) AG multiprotocollo
→ Software Defined Radio

Grazie per l'attenzione

Per maggiori informazioni:

Gruppo telecomunicazioni → <http://www.units.it/tlc>

Prof. Fulvio Babich: → <http://www.units.it/babich>

Centralizzato → nodo centrale

- ▶ acquisisce misure da AG e AN
- ▶ calcola posizione per gli AG
- ▶ poco scalabile

Distribuito → ogni AG

- ▶ acquisisce misure usando segnali forniti da infrastruttura
- ▶ calcola sua posizione
- ▶ scalabile → grandi reti

Raggio di copertura della tecnologia adottata

- ▶ posizionamento satellitare → GPS
 - ▶ propagazione nella ionosfera
- ▶ posizionamento cellulare → cell ID
 - ▶ effetti di non-visibilità; propagazione per cammini multipli; rifrazioni; grossi ostacoli
- ▶ posizionamento a corto raggio → WPAN
 - ▶ fortemente dipendenti dallo scenario

Luogo di acquisizione ed elaborazione misura

- ▶ agent
- ▶ infrastruttura

Classificazione

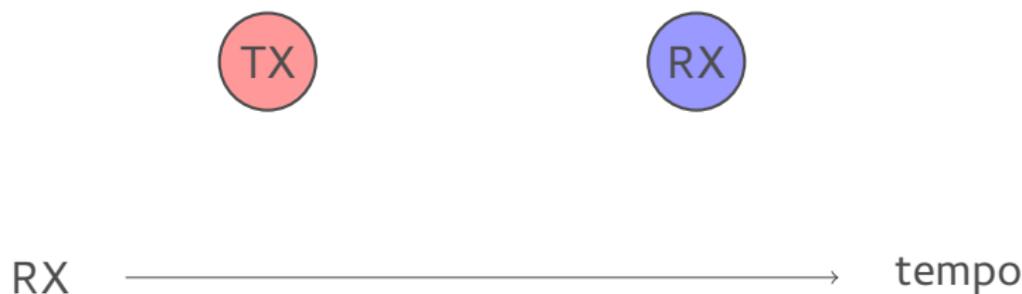
- ▶ self-positioning
- ▶ remote positioning
- ▶ indirect self-positioning
- ▶ indirect remote positioning

Livello di integrazione del sistema di posizionamento con la tecnologia di comunicazione

- ▶ sistemi di posizionamento integrato
 - ▶ es. GPS negli smart phone
- ▶ sistema di posizionamento opportunistico
 - ▶ sfrutta segnali di connettività
 - ▶ es. posizionamento in WLAN
- ▶ sistemi di posizionamento ibridi
 - ▶ strutta congiuntamente diversi sistemi

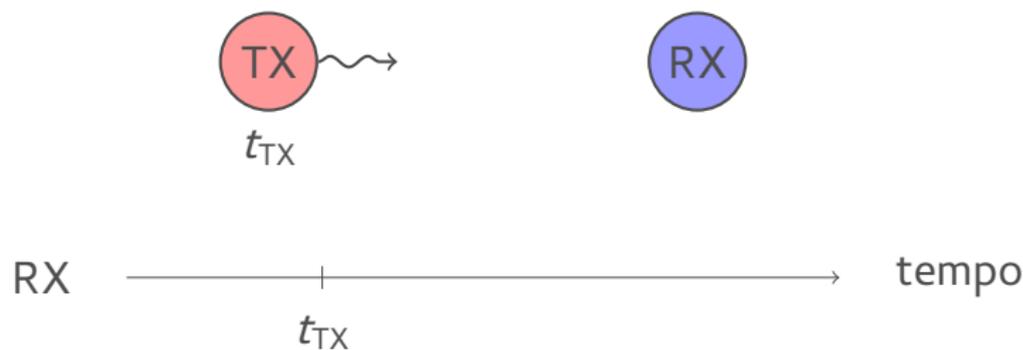
Misura del tempo di propagazione di un segnale

- ▶ one way ranging
 - ▶ TX ed RX devono avere "stesso orologio"



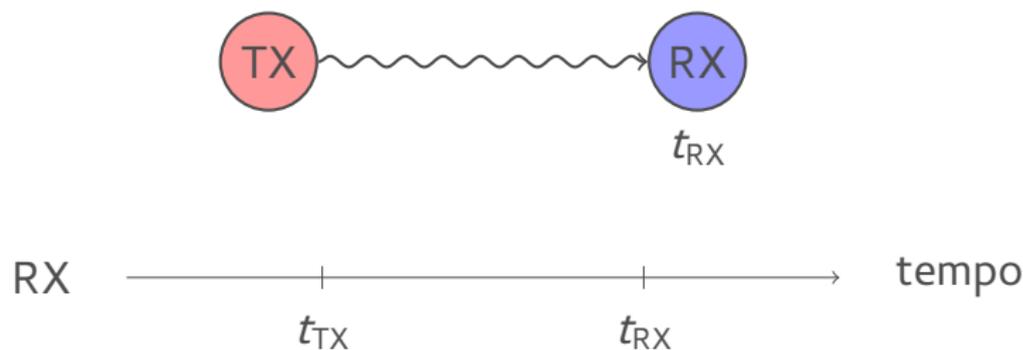
Misura del tempo di propagazione di un segnale

- ▶ one way ranging
 - ▶ TX ed RX devono avere "stesso orologio"



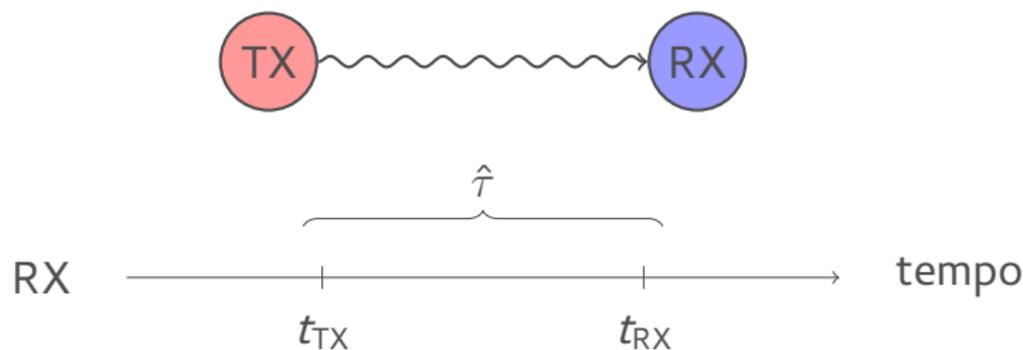
Misura del tempo di propagazione di un segnale

- ▶ one way ranging
 - ▶ TX ed RX devono avere "stesso orologio"



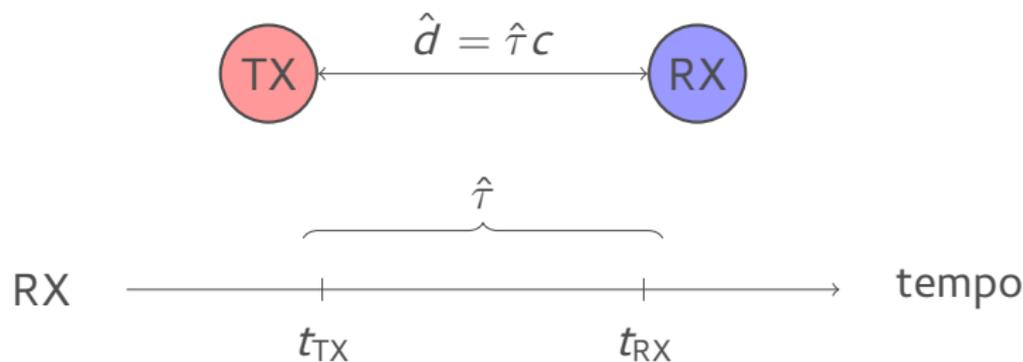
Misura del tempo di propagazione di un segnale

- ▶ one way ranging
 - ▶ TX ed RX devono avere "stesso orologio"



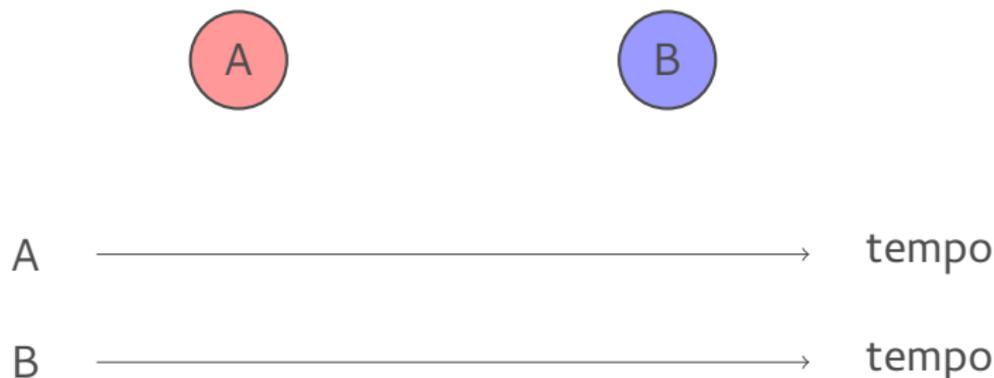
Misura del tempo di propagazione di un segnale

- ▶ one way ranging
 - ▶ TX ed RX devono avere "stesso orologio"



Misura del tempo di propagazione di un segnale

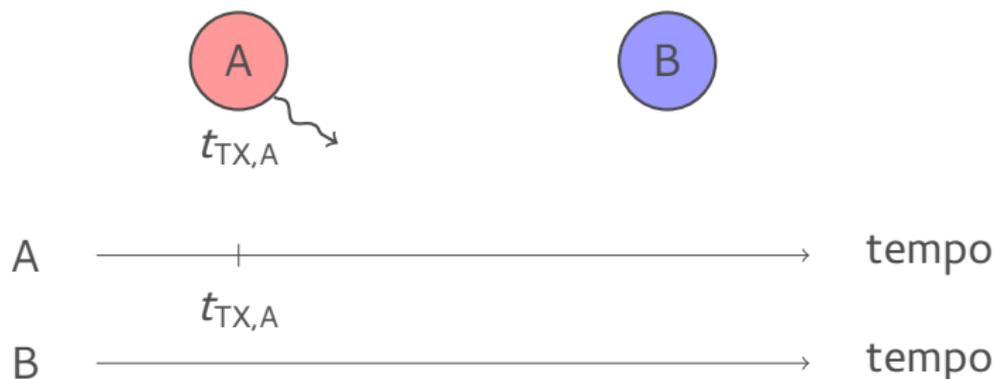
- ▶ two way ranging
 - ▶ misura del tempo di andata e ritorno



TOA - TIME OF ARRIVAL

Misura del tempo di propagazione di un segnale

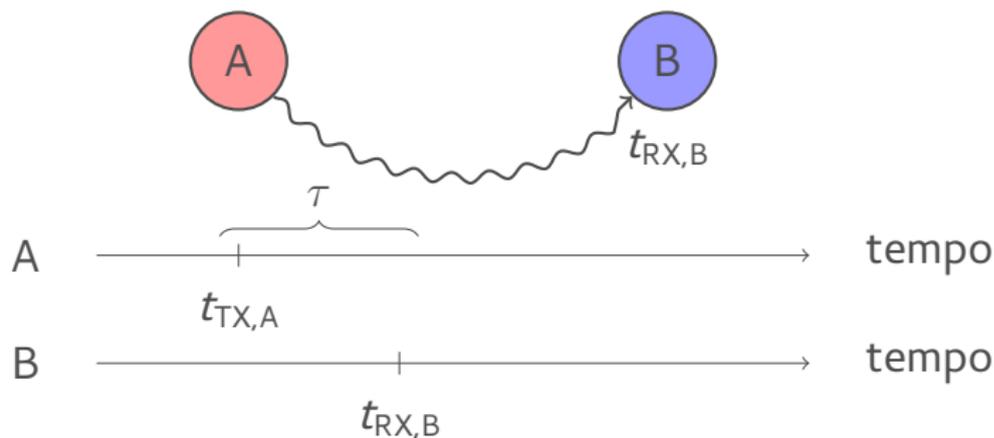
- ▶ two way ranging
 - ▶ misura del tempo di andata e ritorno



TOA - TIME OF ARRIVAL

Misura del tempo di propagazione di un segnale

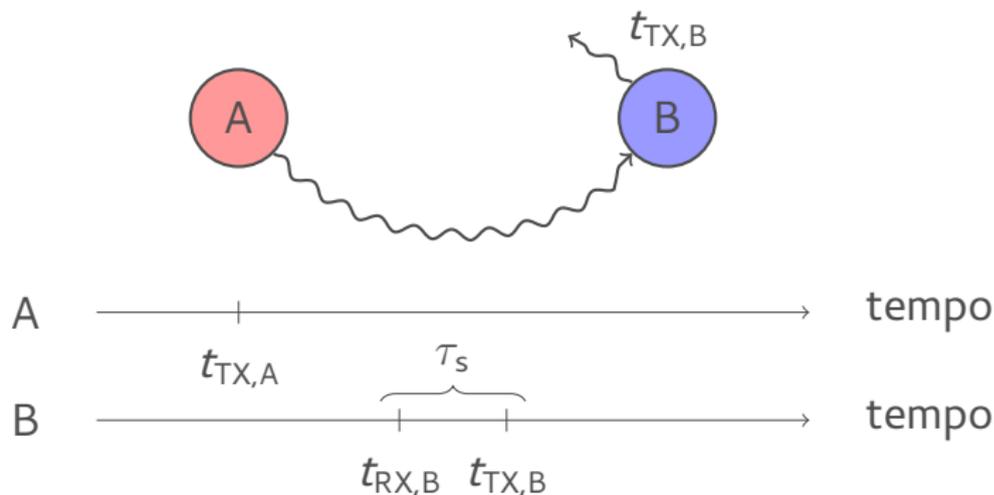
- ▶ two way ranging
 - ▶ misura del tempo di andata e ritorno



TOA - TIME OF ARRIVAL

Misura del tempo di propagazione di un segnale

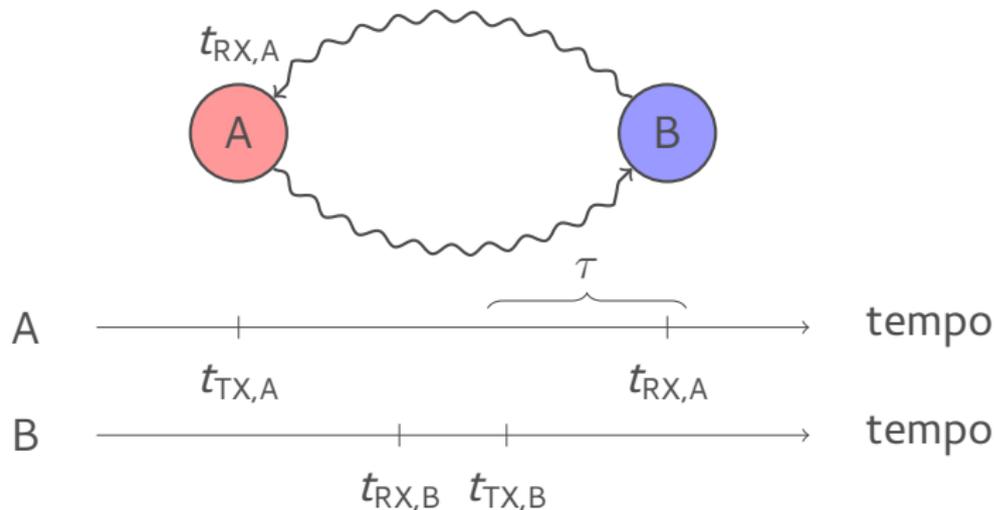
- ▶ two way ranging
 - ▶ misura del tempo di andata e ritorno



TOA - TIME OF ARRIVAL

Misura del tempo di propagazione di un segnale

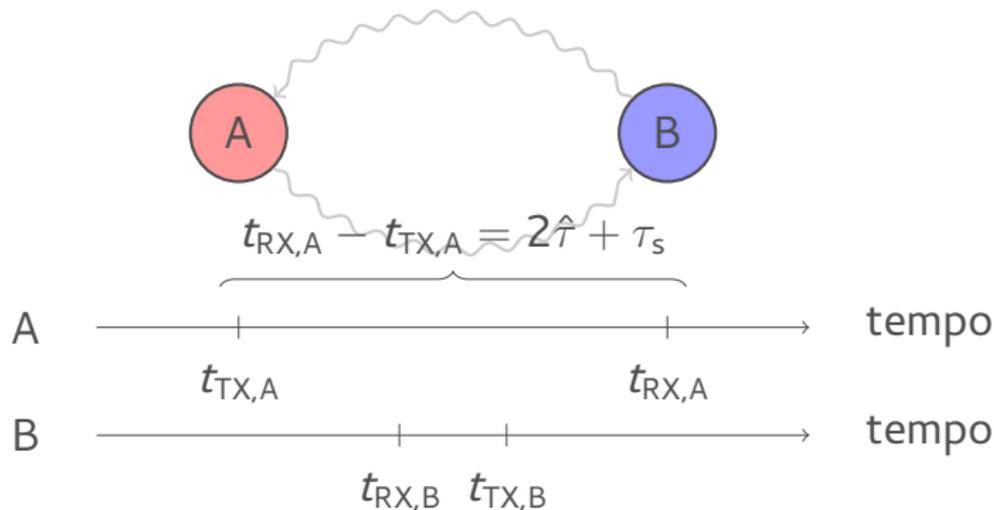
- ▶ two way ranging
 - ▶ misura del tempo di andata e ritorno



TOA - TIME OF ARRIVAL

Misura del tempo di propagazione di un segnale

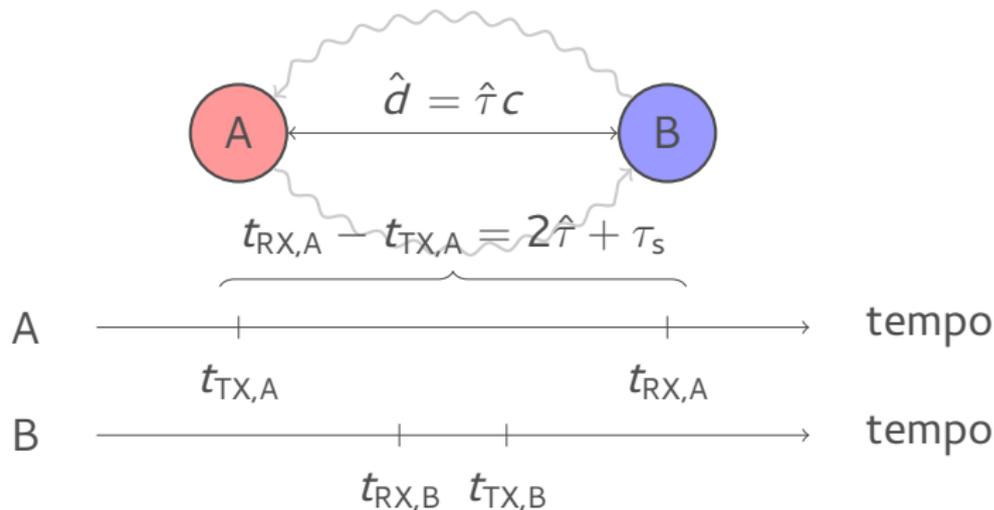
- ▶ two way ranging
 - ▶ misura del tempo di andata e ritorno



TOA - TIME OF ARRIVAL

Misura del tempo di propagazione di un segnale

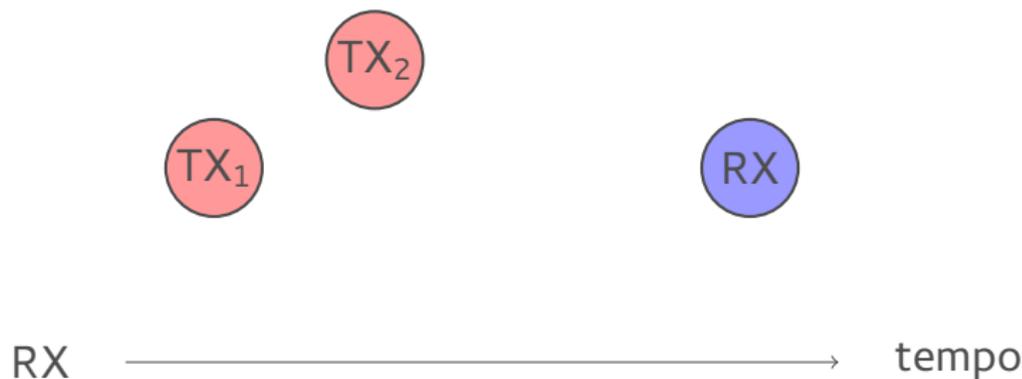
- ▶ two way ranging
 - ▶ misura del tempo di andata e ritorno



TDoA - TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL

Misura differenza $\Delta\tau$ dei ToA di segnali che arrivano da TX sincronizzati

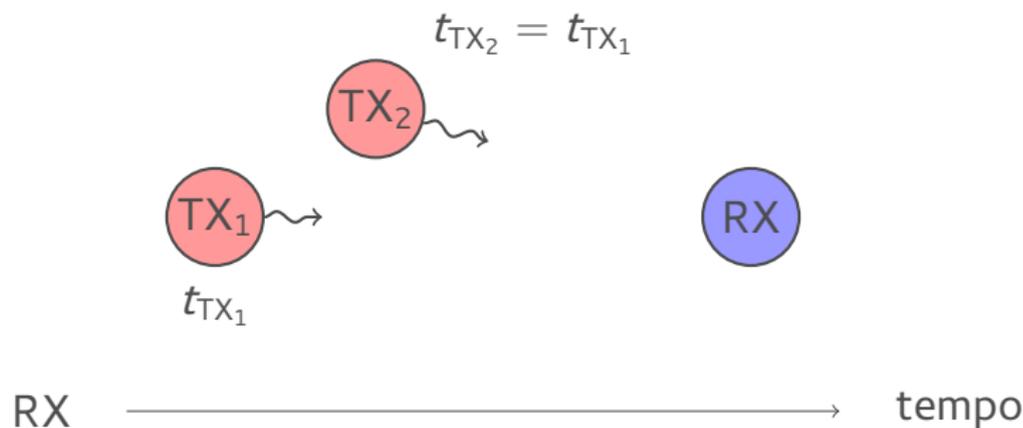
- ▶ RX non deve essere sincronizzato con i TX



TDoA - TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL

Misura differenza $\Delta\tau$ dei ToA di segnali che arrivano da TX sincronizzati

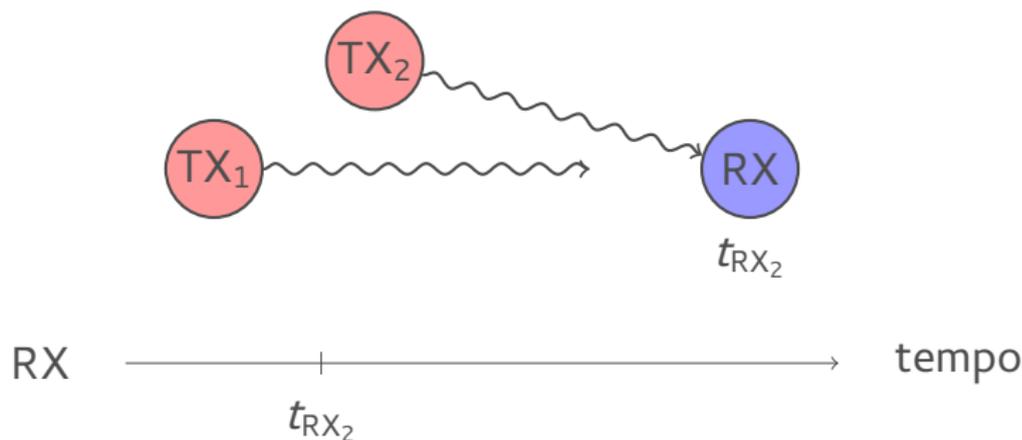
- ▶ RX non deve essere sincronizzato con i TX



TDoA - TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL

Misura differenza $\Delta\tau$ dei ToA di segnali che arrivano da TX sincronizzati

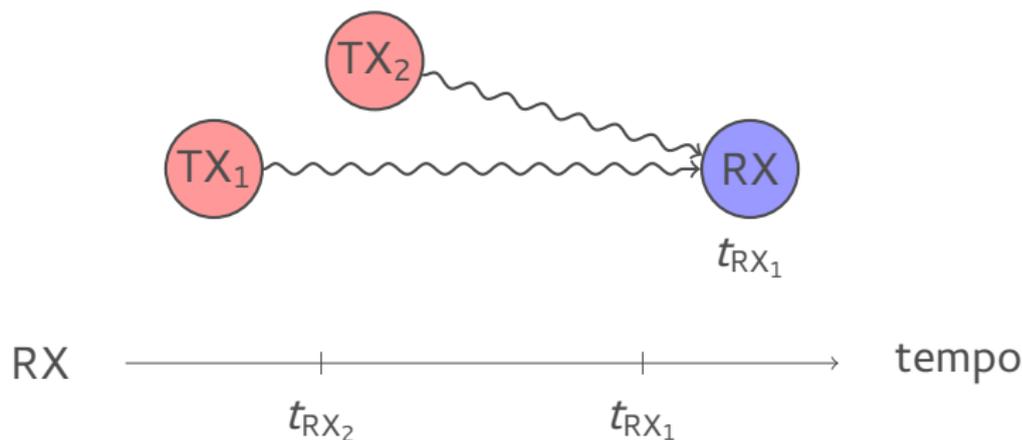
- ▶ RX non deve essere sincronizzato con i TX



TDoA - TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL

Misura differenza $\Delta\tau$ dei ToA di segnali che arrivano da TX sincronizzati

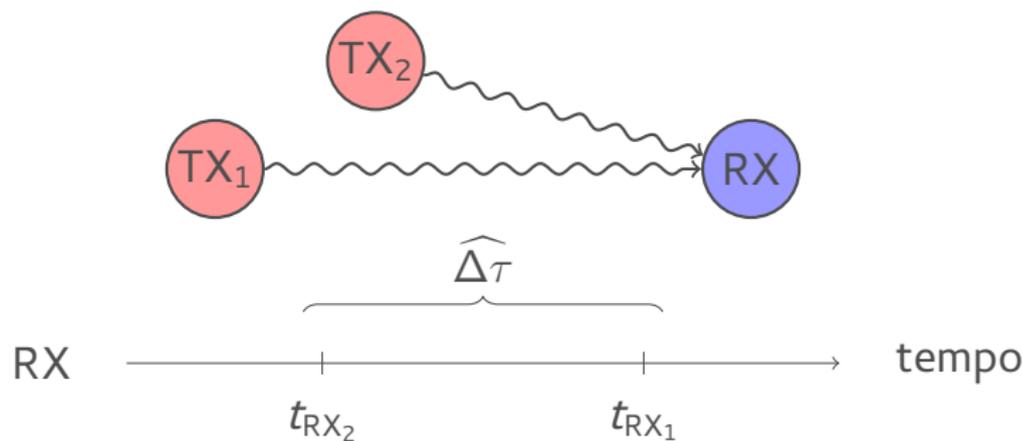
- ▶ RX non deve essere sincronizzato con i TX



TDoA - TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL

Misura differenza $\Delta\tau$ dei ToA di segnali che arrivano da TX sincronizzati

- ▶ RX non deve essere sincronizzato con i TX



TDoA - TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL

Misura differenza $\Delta\tau$ dei ToA di segnali che arrivano da TX sincronizzati

- ▶ RX non deve essere sincronizzato con i TX

