

GPS

- Introduzione
- Struttura
- Funzionamento
- Coordinate spaziali
- Errori di misurazione
- Sincronizzazione
- Varianti: l'A-GPS



Introduzione

Il GPS (**Global Positioning System**) è un sistema di posizionamento su base satellitare, a copertura globale e continua, gestito dal dipartimento della difesa statunitense.

Il GPS permette a piccoli ricevitori elettronici di determinare la loro posizione (longitudine, latitudine e altitudine) con un errore di pochi metri usando segnali radio trasmessi in linea ottica da satelliti

Sistemi GPS

-  **NAVSTAR (U.S.A.)** pienamente operativo
-  **GLONASS (RUSSIA)** deve essere ripristinato
-  **GALILEO (EUROPA)** è in fase di implementazione e si prevede sia operativo nel 2013.
-  **BEIDOU (CINA)** Sistema di posizionamento regionale; prevista espansione globale
-  **IRNSS (INDIA)** sistema di nuova generazione che sarà operativo nel 2012 circa.



NAVSTAR

Navstar, (**N**avigation **S**ystem with **T**iming **A**nd **R**anging **G**lobal **P**ositioning **S**ystem) fu concepito dal Ministero della Difesa statunitense come mezzo universale per

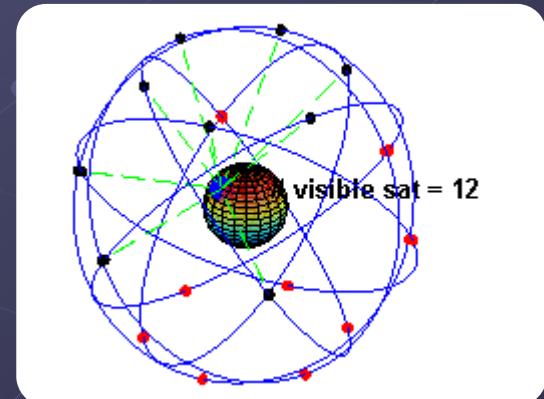
- determinare con precisione il punto in cui un ricevitore si trova sulla terra
- ottenere un'indicazione oraria molto precisa.

Le applicazioni del sistema GPS non sono limitate al campo militare, ma sono disponibili a tutti anche per uso civile, seppure con qualche limitazione nella precisione ottenibile nelle misure. La **disponibilità del segnale GPS 24 ore su 24 in ogni angolo del globo** e la progressiva riduzione dei costi dei ricevitori hanno trasformato il sistema GPS addirittura in un fenomeno di massa.

- Inizialmente, per motivi di sicurezza, il sistema era affetto da un errore indotto ma poi reso libero

Il sistema GPS si compone di tre parti:

- Il Segmento spaziale (24 satelliti)
 - Il Segmento di controllo (5 centri di controllo)
 - Il Segmento d'utilizzo (i ricevitori)
-
- La costellazione di 24 satelliti che costituisce il sistema GPS fu completata nel 1993, prevede **21** satelliti operativi e **3** satelliti di scorta pronti a intervenire in caso di guasto.
 - I satelliti sono posti in un **orbita circolare** a circa **20.200 km** dalla terra e compiono **una rivoluzione in 12 ore** ripassando sullo stesso punto visto da un osservatore terrestre ogni 24 ore circa.
 - Il **centro di controllo del sistema GPS** si trova nei pressi di **Colorado Springs** ed ha il compito di eseguire tutte le misure necessarie per "**correggere**" le informazioni inviate dai satelliti GPS.



Il segmento spaziale

- I 24 satelliti Sono disposti su 6 piani orbitali diversi ma ugualmente spaziati tra di loro, inclinati di 55° rispetto al piano equatoriale (quindi non coprono le zone polari) a forma di ellissi a bassa eccentricità.
- Ogni piano orbitale ha 3 o 4 satelliti, e i piani sono disposti in modo tale che ogni utilizzatore sulla terra possa ricevere i segnali di almeno 5 satelliti. La loro quota è di 20 200 km e compiono due orbite complete in un giorno siderale.
- Da un punto del globo terrestre il ricevitore riesce a vedere solo la metà di essi, quindi 12. Ma non li vedrà mai tutti e 12 per via della loro inclinazione rispetto all'equatore. In più il ricevitore GPS stesso fa una discriminazione dei satelliti in base alla loro geometria e alla stima degli errori su ciascuno privilegiando quelli che forniscono maggior precisione (basandosi, per esempio, sulla loro elevazione rispetto l'orizzonte [vedi slide successiva]).
- Ogni satellite è dotato di OROLOGI ATOMICI basati su 4 oscillatori ad altissima precisione, di cui 2 al cesio e 2 al rubidio con una precisione di 3×10^{-9} secondi (possibilità di errore è di un secondo ogni 30000 anni. Il Costo di ogni orologio atomico è di circa 160.000 Euro); ha dei razzi per effettuare le correzioni di orbita. Ha due pannelli solari di area pari a 7,25 m² per la produzione di energia. Ha infine batterie di emergenza per garantire l'apporto energetico nei periodi in cui il sole è eclissato. Pesa circa 845 kg ed ha una vita di progetto di 7,5 anni.

Il segmento spaziale (2)

Elevazione dei satelliti:

Angolo η individuato fra la direzione del segnale ed il piano tangente all'ellissoide nel punto occupato dal ricevitore. In genere si utilizzano solo segnali provenienti da satelliti con $\eta > 10^\circ$ o 15° , in modo da attenuare i problemi legati al disturbo atmosferico

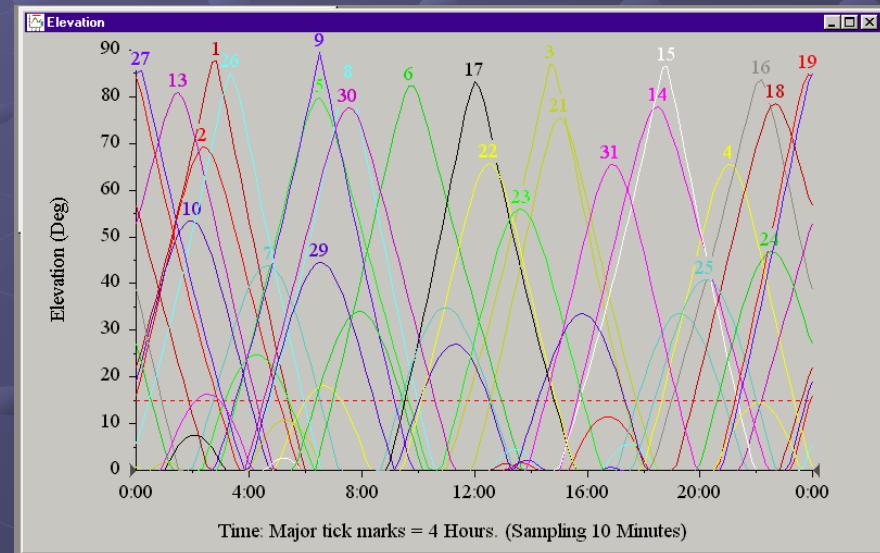
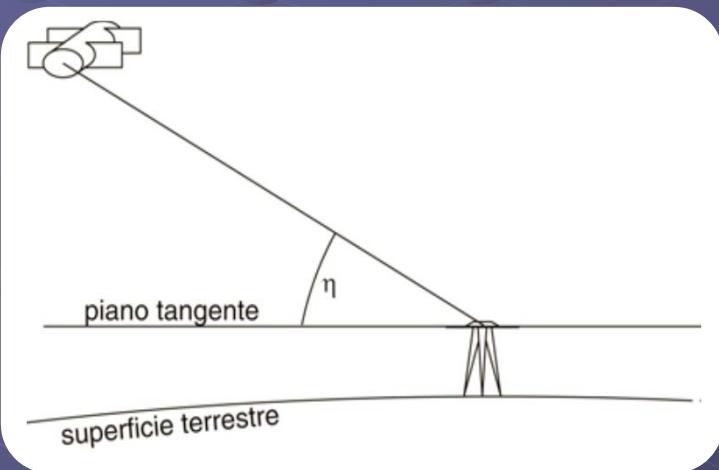
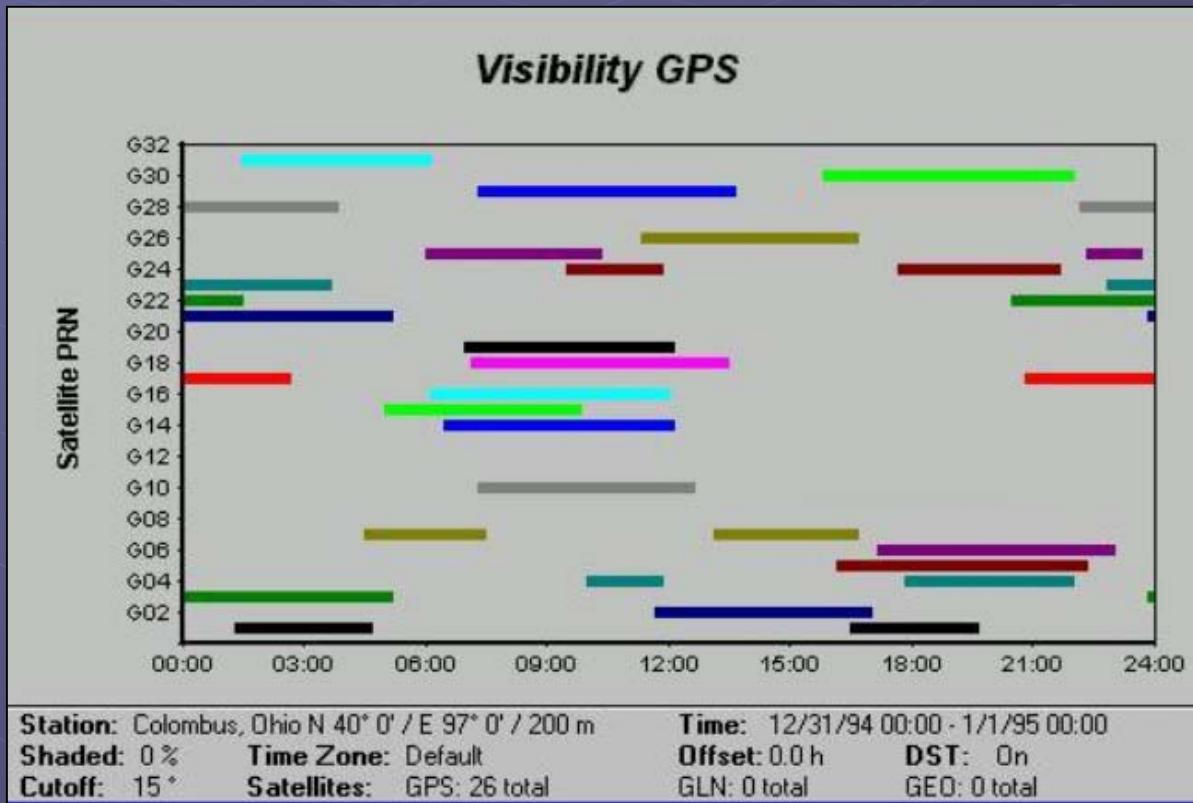


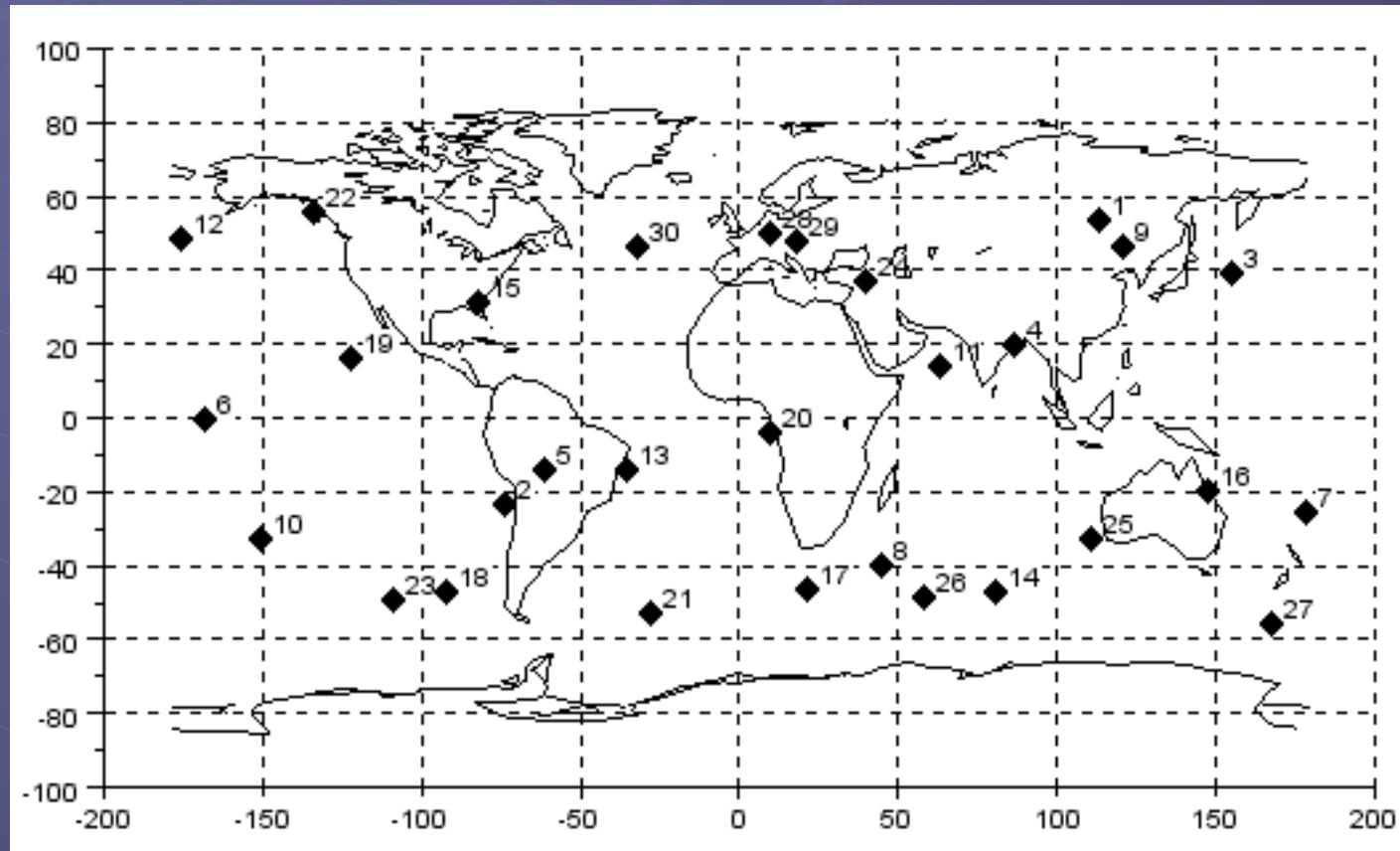
Tabella tipica delle elevazioni su 24 ore

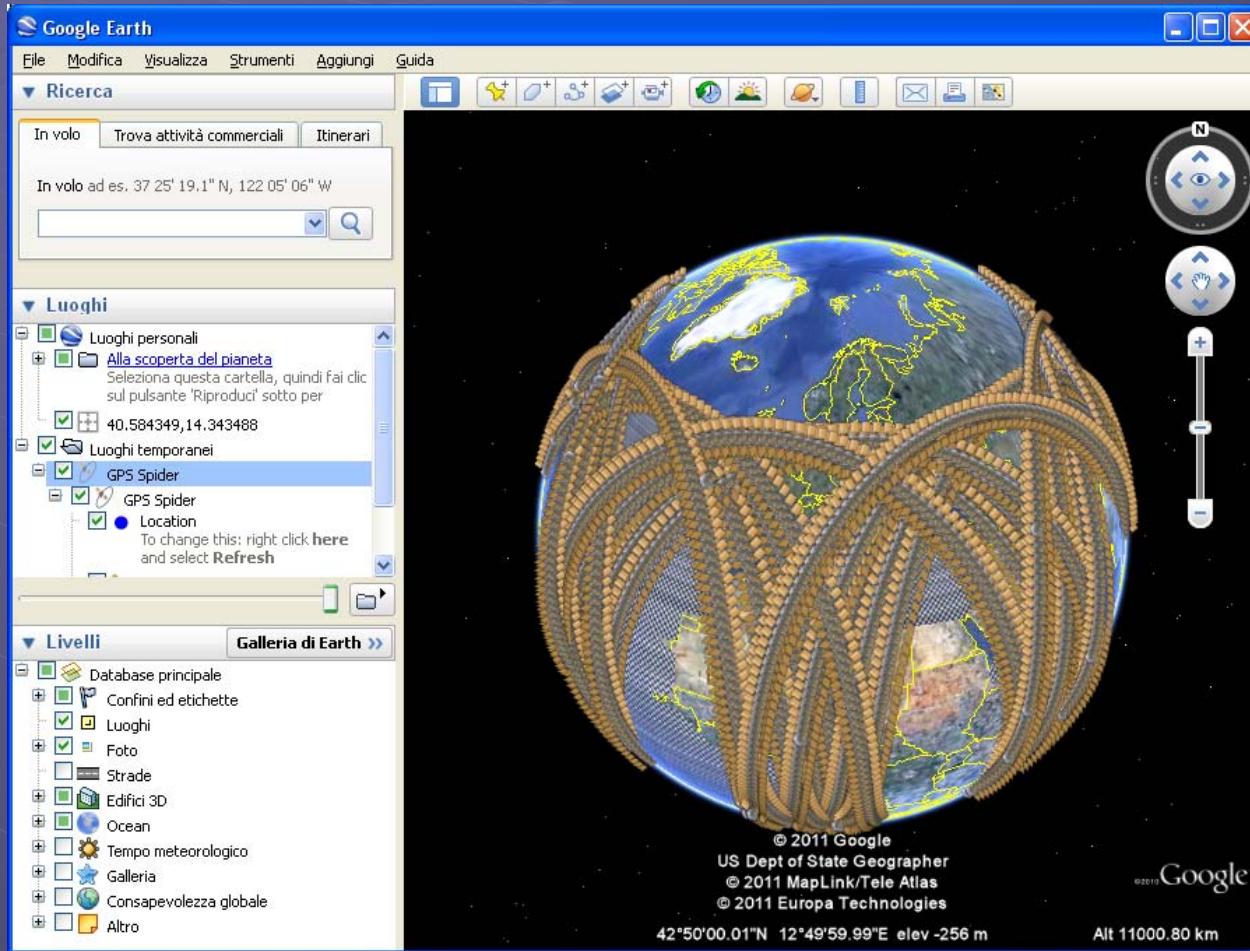
Il segmento spaziale (3)

Ciascun Satellite è “visibile” da un punto fisso della terra per circa 4 ore

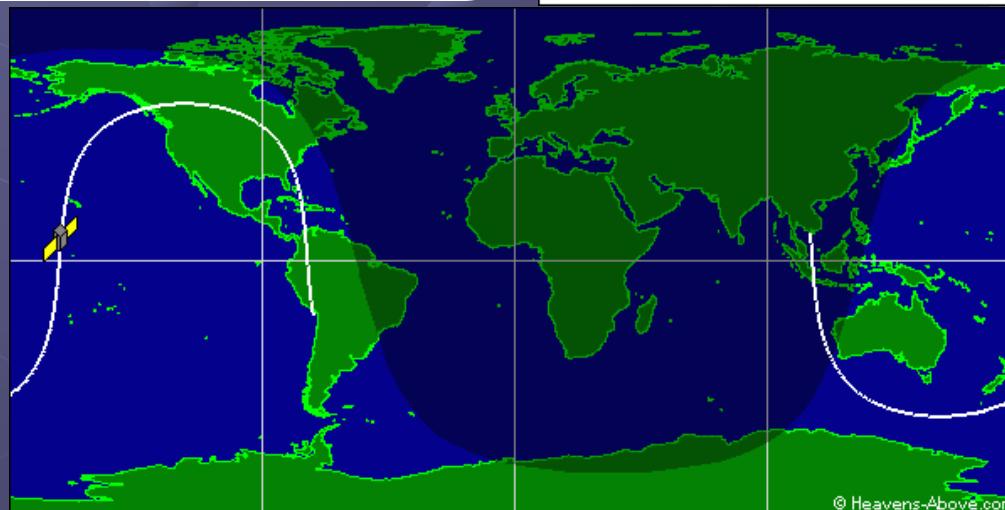
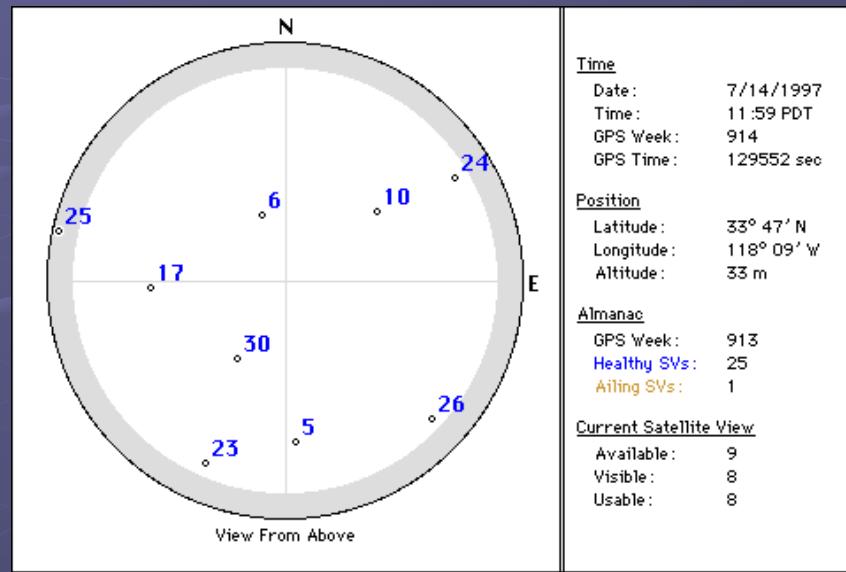
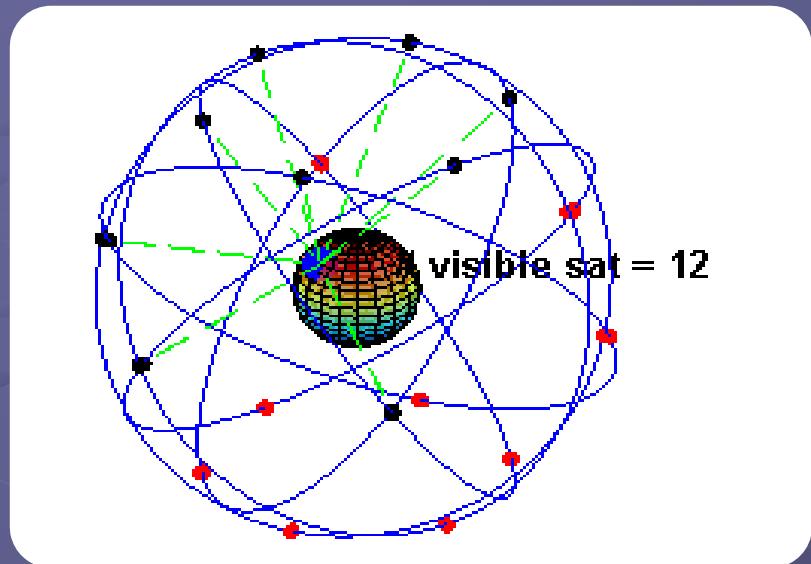


Visibility



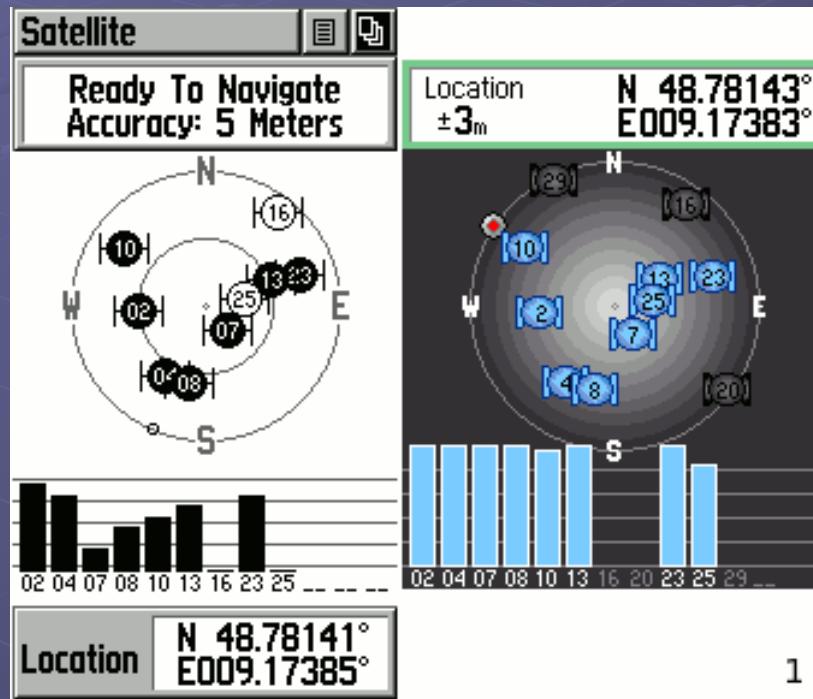


NAVSTAR



Dispositivi a confronto

Vista vs vista HCX



Segmento di controllo

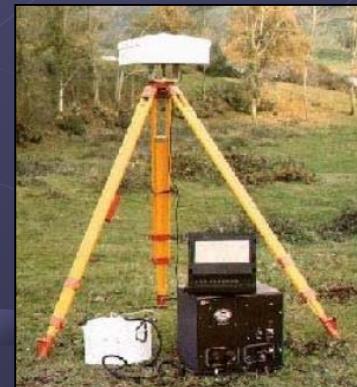
- Il Segmento di controllo è costituito da un gruppo di stazioni di monitoraggio a terra che hanno la loro **sede centrale in Colorado**: in particolare, i centri di controllo terrestre sono 5 e sono disposti in posizione pressoché equatoriale intorno al globo. I loro nomi sono:
 - Colorado Springs,
 - Raccoglie i dati delle altre stazioni
 - Compensazione dei dati → errori degli orologi sui satelliti, effemeridi satelliti, scostamento delle orbite
 - **Invia ai satelliti dati di correzione per: Orologi, Orbite, Effemeridi**
 - Hawaii,
 - Ascension Island,
 - Diego Garcia,
 - Kwajalein
- Le stazioni a terra hanno il compito di:
 - "tracciare", ovvero **seguire in maniera continua i satelliti** ed elaborare i dati ricevuti per calcolarne la posizione spazio-temporale (effemeridi);
 - **imporre correzioni d'orbita**;
 - **sincronizzare gli orologi atomici a bordo dei satelliti** usando un orologio MASER all'idrogeno
 - **scaricare i dati per la trasmissione tramite i satelliti** (memorizzare nuovi dati sui satelliti: fra i più importanti ci sono le "effemeridi" previste per le successive 12 o 24 ore, che vengono trasmesse agli utenti).



Il Segmento d'utilizzo

Il segmento d'utilizzo è definito da ogni ricevitore, come quelli a bordo delle automobili, degli aerei e delle navi. Essi ricevono il segnale, lo elaborano, ricavano le informazioni a proposito della velocità, posizione e tempo del veicolo. Essi sono basati su **clock al quarzo**.

La precisione, a seconda della applicazione, può variare da **±100 m** a **±1 cm**



Interazione dei Sottosistemi GPS



Funzionamento GPS: la trilaterazione

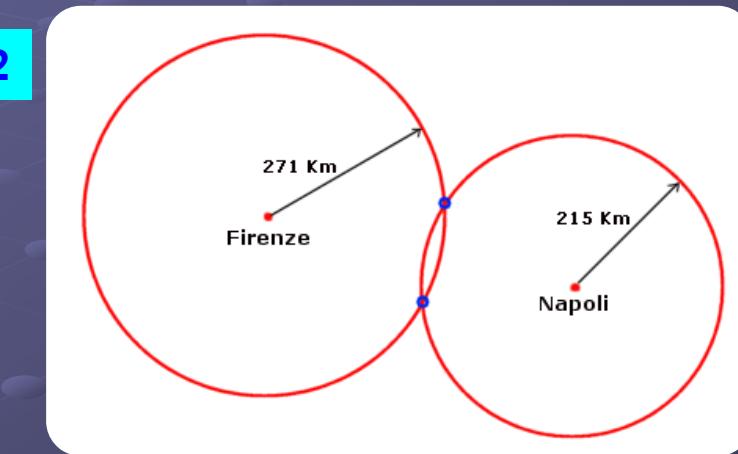
La trilaterazione è il metodo usato per il calcolo effettivo della posizione.

Esempio su un spazio bidimensionale (quello reale lavora sullo spazio 3D ed usa lo stesso concetto).

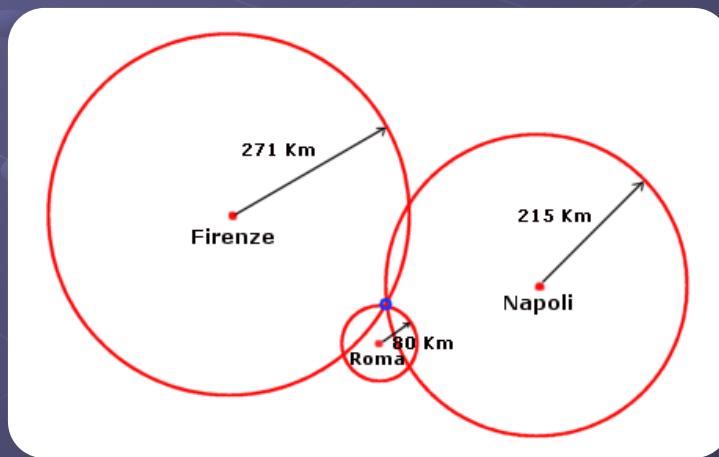
1



2

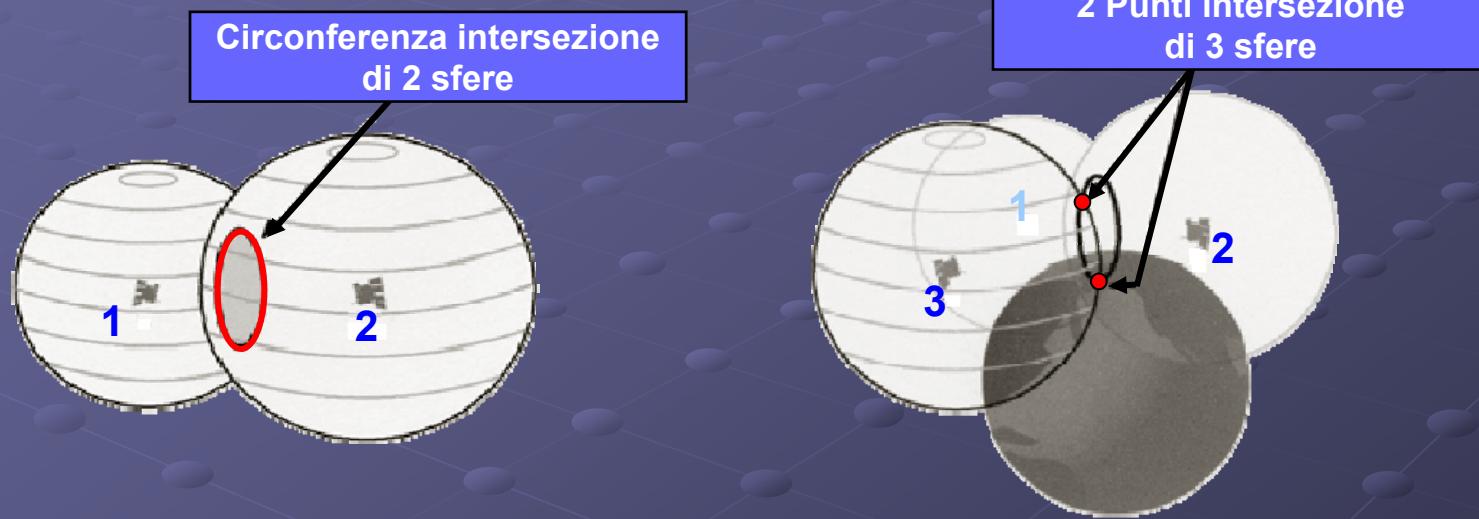


3



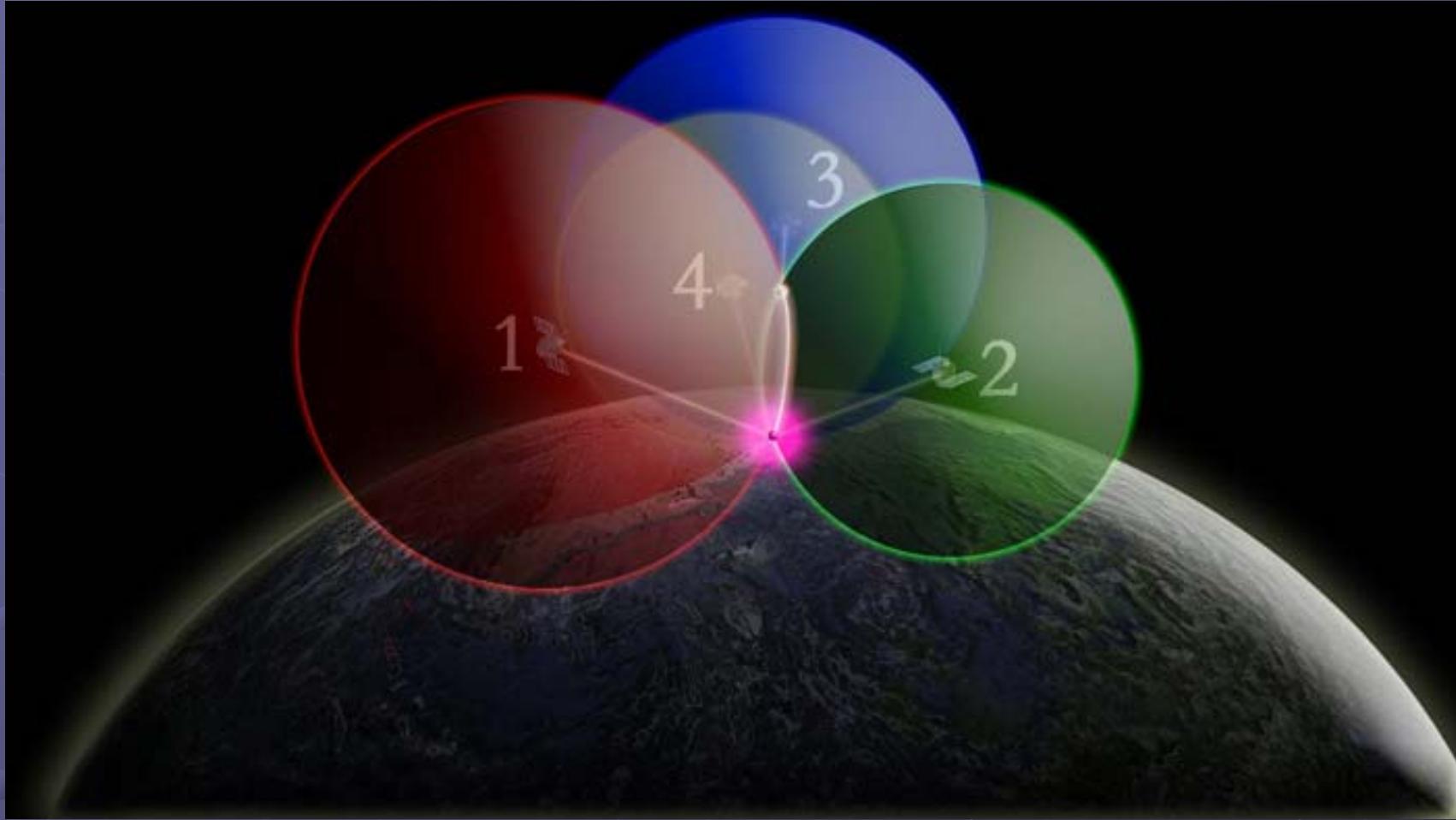
Funzionamento GPS: la trilaterazione (2)

Caso 3D



Per eliminare l'ambiguità di scelta occorre ulteriore informazione: il 4° satellite

GPS



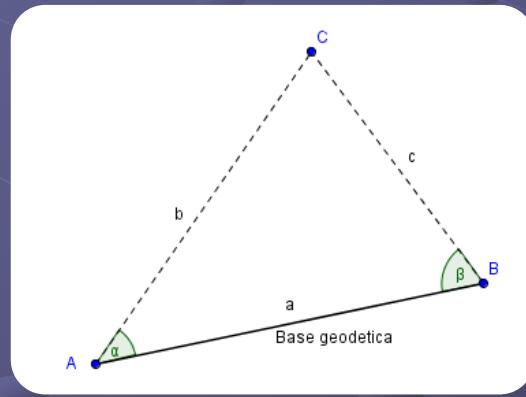
Trilaterazione vs Triangolazione

La **Triangolazione**, in Geodesia e Topografia, è quel procedimento che permette la determinazione indiretta di distanze tra punti del terreno e, quindi, la determinazione delle loro coordinate geografiche. Per effettuare una triangolazione si scelgono tre punti opportuni sul terreno, considerati vertici di un triangolo, **uno di questi lati viene misurato direttamente** ed è detto base geodetica misurata, la misura va effettuata con altissima precisione. Da ognuno degli estremi della base **si misurano gli angoli** sotto i quali viene visto l'altro punto e con semplici calcoli trigonometrici se ne determina la distanza e, quindi, la posizione.

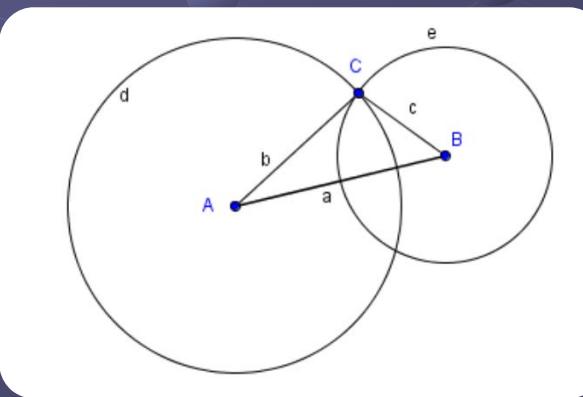
Esempio: metodo delle parallasse per il calcolo della distanza delle stelle

La **Trilaterazione** è quel procedimento che consente la determinazione della posizione di un punto **in base a misure di distanze da altri di coordinate note, piuttosto che misure di angoli**. Un tempo era difficile ottenere precise misure di distanze e per questo si preferivano metodi di triangolazione, ma oggi con i moderni strumenti ad emissione elettromagnetica si è superato questo problema e la trilaterazione si affianca spesso o sostituisce la triangolazione.

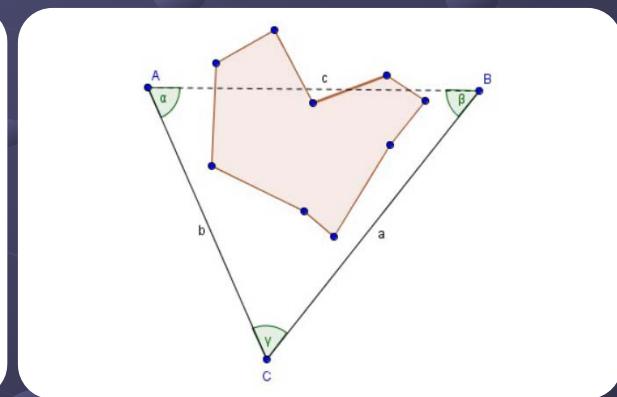
Esempio: metodo impiegato dai rilevamenti satellitari (GPS).



Triangolazione



Trilaterazione



Triangolazione per il calcolo della distanza fra due punti accessibili ma non visibili l'uno all'altro

Funzionamento GPS (3)

Per capire la distanza tra il receiver ed il satellite viene misurato il tempo che un segnale impiega per arrivare a terra.

Esempio:

- Ad un ora prestabilita (supponiamo le 12:00) il satellite genera un codice (detto **pseudo random code**) e lo invia sulla terra.
- Sempre alle 12:00 anche il receiver GPS genera lo stesso identico codice per cui, quando il segnale dal satellite arriva a terra e viene letto dal receiver, questo lo riconosce ed è in grado di misurare quanto tempo ha impiegato il segnale per arrivare.
- Moltiplicando il tempo per la **velocità della luce** (300.000 km/s) si ottiene la distanza tra il satellite ed il receiver GPS.



Il calcolo matematico è semplice ma **il livello di precisione dipende fortemente dalla accuratezza della lettura degli orologi** (un solo millesimo di secondo di differenza potrebbe penalizzare la rilevazione con un errore nell'ordine dei **300 Km!**)

Considerando che un ricevitore non può montare orologi atomici da 160.000 Euro, si è pensato di usare orologi capaci di mantenere un'estrema precisione per brevi periodi che però nel tempo vanno spesso corretti sfruttando direttamente i segnali dei satelliti.

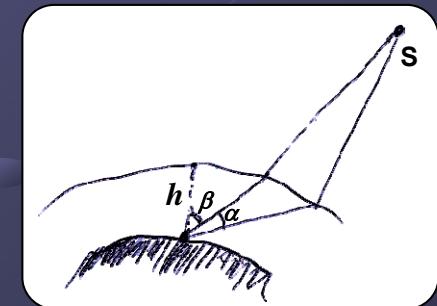
Funzionamento GPS (4)

Il funzionamento del sistema GPS si basa sulla **misura del tempo di percorrenza del segnale dall'antenna del satellite all'antenna del ricevitore**

Ogni satellite ha il suo nome (un numero da 1 a 32) ed invia un messaggio codificato tramite il suo nome.

MESSAGGIO:

- **Formato:** Il messaggio viene trasmesso (modulato in fase) con continuità e contemporaneamente su **2 frequenze** (1,2 e 1,5 GHz derivate da un unico oscillatore ad alta stabilità); **Lo scopo della doppia frequenza è quello di eliminare l'errore dovuto alla rifrazione atmosferica.**
- **Contenuto:** Il messaggio inviato da ogni satellite contiene:
 - **l'almanacco** (parametri orbitali approssimati) dell'intera costellazione
 - le **effemeridi relative a se stesso**
 - Dati relativi al satellite (**orario**, stato del sistema)

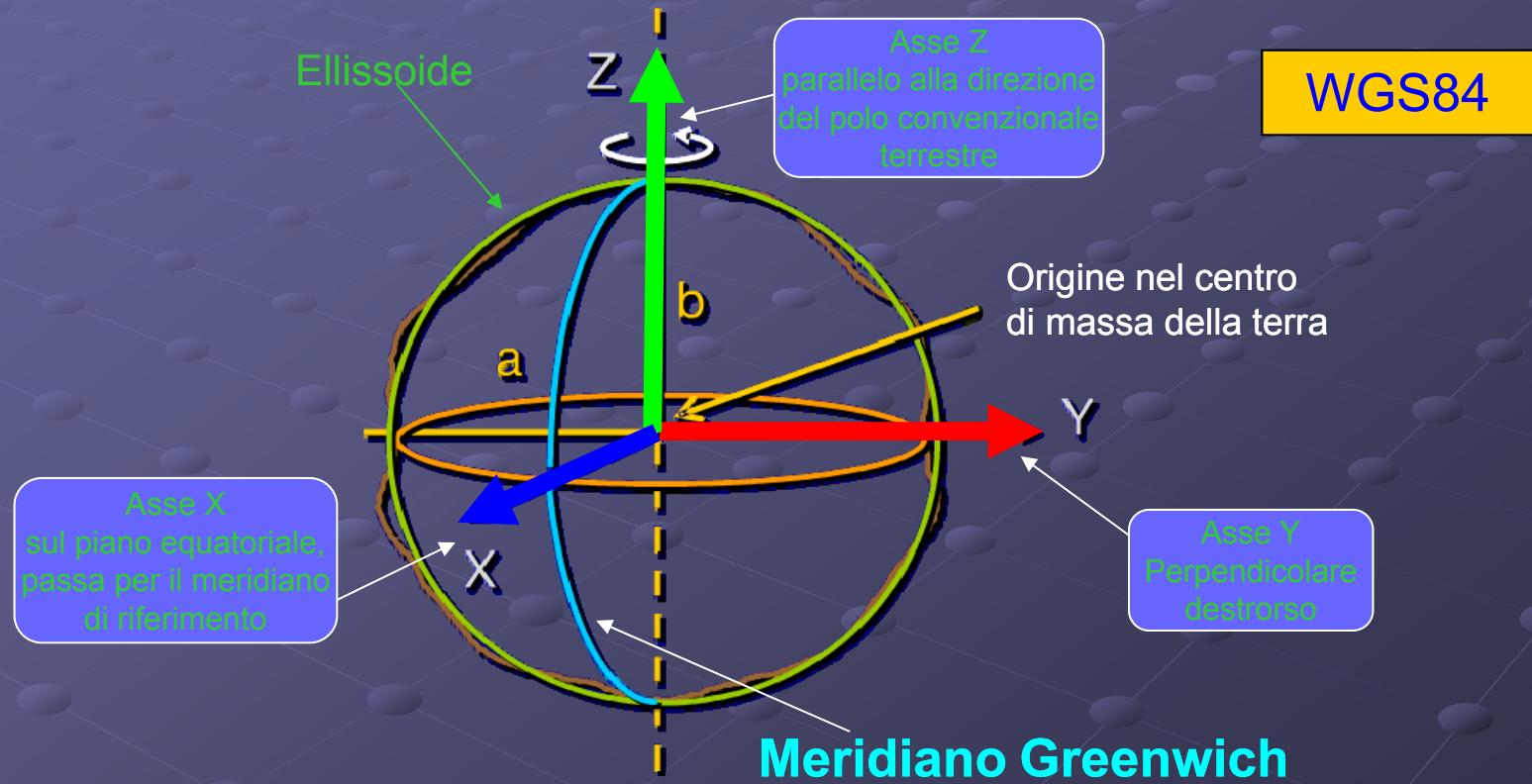


NOTA:

- il contenuto viene trasmesso mediante un codice **C/A (Coarse acquisition)** che si ripete ogni millisecondo e serve per la localizzazione grossolana e mediante un codice **P (Precision)**, non libero a tutti, consente la massima precisione.
- Tutti i dati vengono trasmessi in un tempo complessivo di circa 12 minuti

WGS84 World Geodetic System 1984 (sistema geodetico mondiale, riferito al 1984)

La posizione del satellite è nota attraverso le effemeridi. Sono cioè note X, Y, Z del satellite nel sistema WGS84



Le effemeridi

Le **effemeridi** (dalla parola greca *ephemeros* = giornaliero) sono **tabelle che contengono** un insieme di parametri sintetici necessari e sufficienti per calcolare la posizione del satellite.

Nel caso dei satelliti GPS occorre distinguere:

- **effemeridi trasmesse** (trasmesse dal satellite);
- **effemeridi precise**: calcolate a posteriori da diverse organizzazioni governative (ad es. NIMA) e di ricerca (ad es. IGS) e vengono poi distribuite via web da diversi enti.
 - effemeridi **rapide**: disponibili con un ritardo di 1 giorno;
 - effemeridi **finali**: disponibili con un ritardo di 14 giorni.

Ephemeris Data Set Used in Pseudo-Range Navigation Example (GPS Time = 150000 seconds)

Ephemeris Data Parameter	Value	Value	Value	Value
SV	15	27	31	7
Issue of Data Ephemeris	196	200	125	125
Cosine Correction to Inclination	-9.313225746E-08	1.136213541E-07	2.793967724E-08	-1.285225153E-07
Sine Correction to Inclination	-3.725290298E-09	-1.061707735E-07	9.126961231E-08	-1.322478056E-07
Cosine Correction to Radius	146.09375	148.84375	306.28125	322
Sine Correction to Radius	-69.9375	79.09375	-130.71875	-128.5
Cosine Correction to Latitude	-3.630295396E-06	4.122033715E-06	-6.921589375E-06	-6.720423698E-06
Sine Correction to Latitude	1.228414476E-05	1.15185976E-05	3.74391675E-06	2.983957529E-06
Mean Motion Difference	4.023024718E-09	4.513045129E-09	4.656622538E-09	4.650550857E-09
Eccentricity	0.006778693292	0.01127019501	0.005836840719	0.006999379606
Rate of Inclination Angle	1.817932867E-10	-5.928818388E-11	-5.418082828E-10	-4.207318109E-10
Orbital Inclination	0.9721164968	0.9459886628	0.9633626261	0.963950905
Mean Anomaly at Reference Time	-0.8856059028	0.1225249	-0.6775731485	3.019737078
Argument of Perigee	1.738558535	2.601538834	0.6715504011	-2.568758665
Rate of Right Ascension	-7.783538501E-09	-8.143553497E-09	-8.411421798E-09	-8.25355808E-09
Longitude of Ascending Node	-2.8654714	0.2200327977	2.320031302	2.317137898
Square Root of Semi-Major Axis	5153.618444	5153.653282	5153.789852	5153.644896
Reference Time Ephemeris	151200	151200	136800	151200

Fonti di errore nella determinazione della posizione

Per ottenere una sincronizzazione perfetta, ogni orologio a bordo dei satelliti deve essere sincronizzato con tutti gli altri e con quelli sulla Terra

Tuttavia occorre considerare alcuni fattori che costituiscono fonte di errore e sono di diversa natura:

- **Fattori atmosferici** (ritardo da 1 ns a 100 ns) : causano un rallentamento del segnale al suo passaggio nella ionosfera e nella troposfera
- **Fattori elettronici** (ritardo da 1 ns a 100 ns):
 - tempo impiegato dal segnale per il **passaggio nella strumentazione**
 - tempo di elaborazione nei computer del GPS
- **Fattori RELATIVISTICI** (Anticipo/Ritardo del tempo) degli stessi orologi atomici

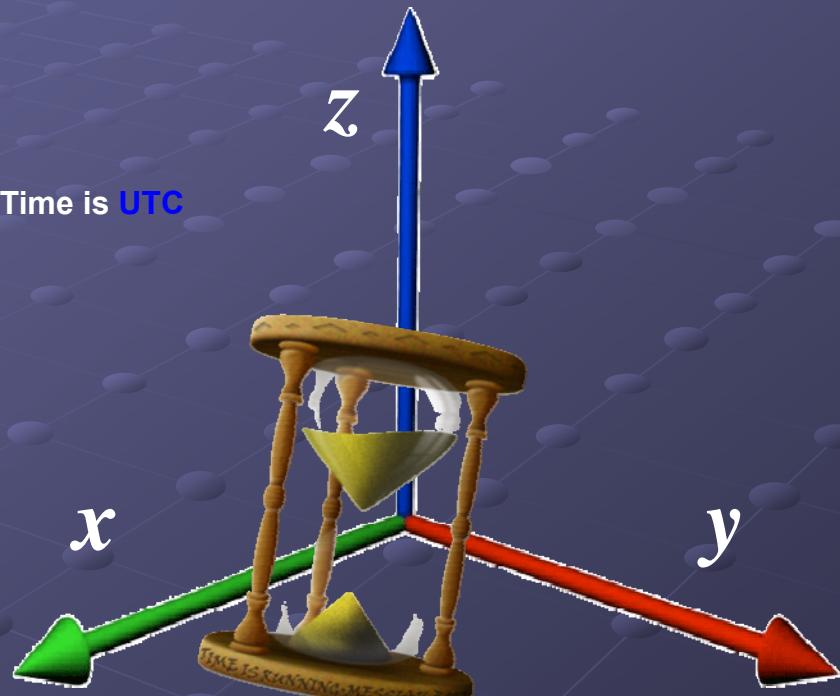
NOTA: Gli errori relativistici sono di quasi tre ordini di grandezza più grandi rispetto alle altre sorgenti di ritardo. La loro correzione è quindi indispensabile per il funzionamento dei sistemi di navigazione satellitare.

Spazio/Tempo

Spazio/Tempo

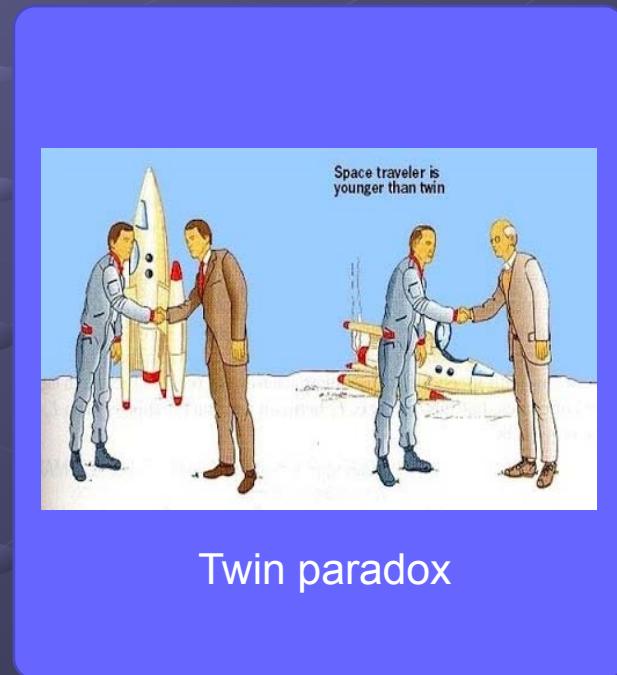
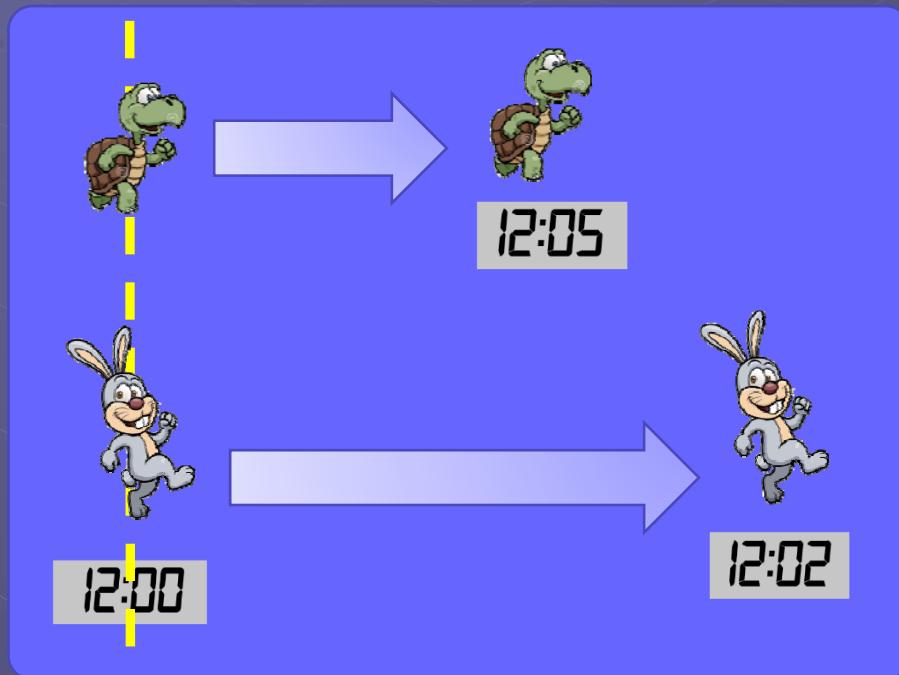
Coordinated Universal Time is UTC

UTM-WGS84
Universal Transverse Mercator
World Geodetic System 1984



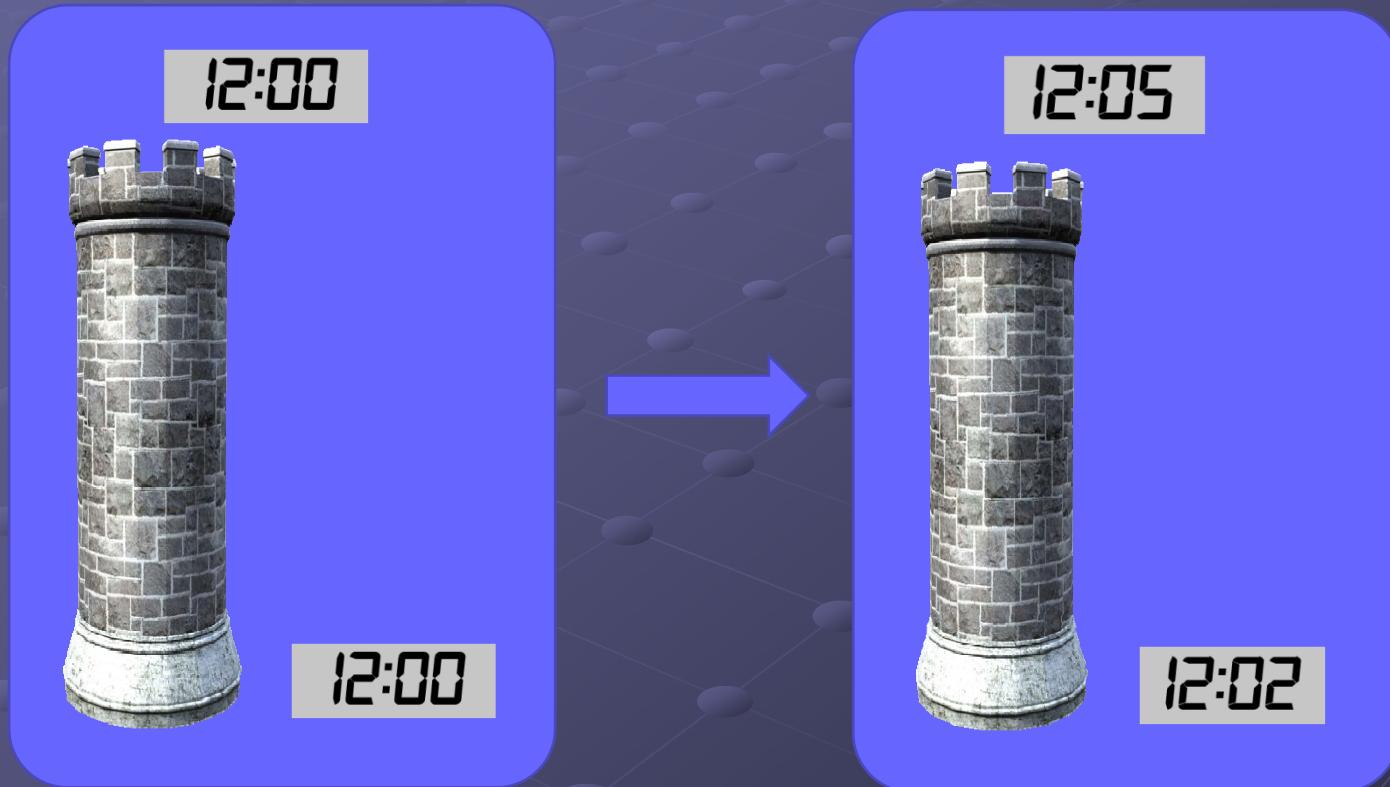
Relatività: velocità e gravità

Tempo e VELOCITA'

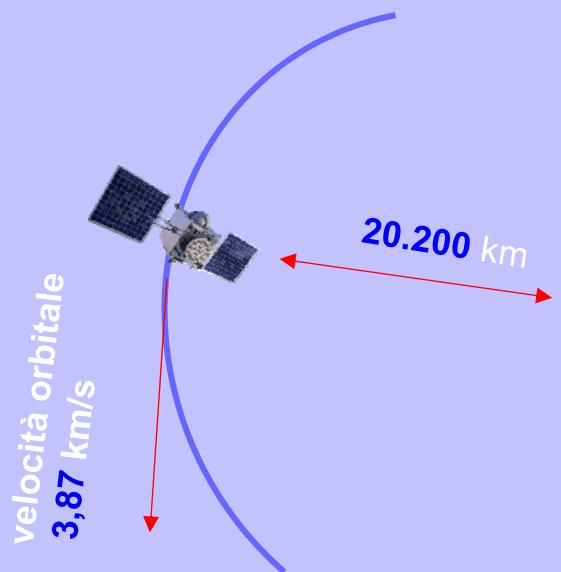


Relatività: velocità e gravità

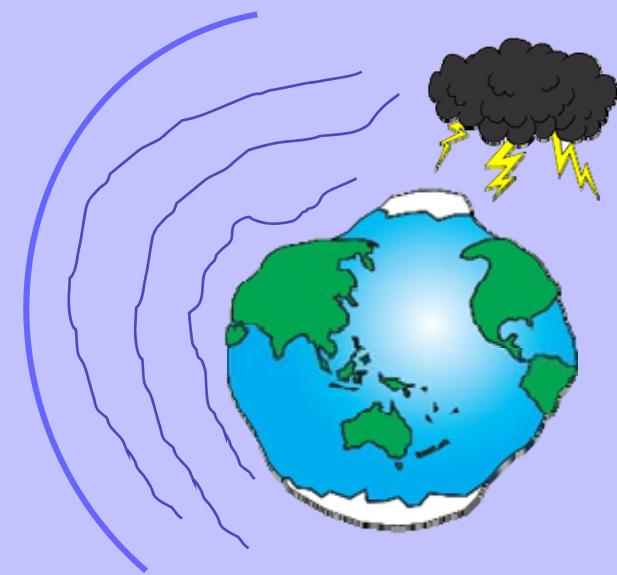
Tempo e GRAVITA'



Dipendenza del tempo
In funzione della combinazione
velocità e gravità



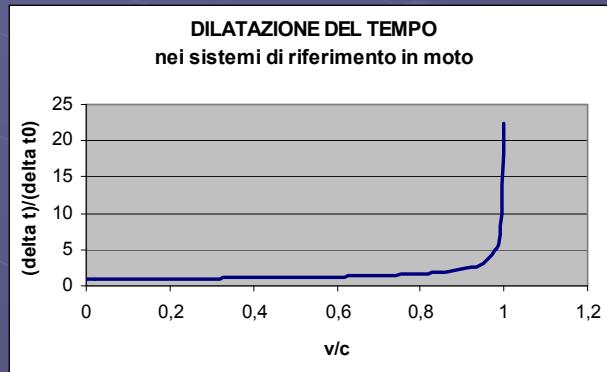
Regolarità orbita satellite
proporzionale alla distanza dalla terra



Errori relativistici

Secondo la teoria della Relatività, il tempo proprio di ogni corpo in movimento viene deformato secondo questa relazione:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



In cui Δt_0 è il tempo proprio, cioè la differenza tra i tempi di due eventi che accadono nello stesso luogo. Come possiamo vedere nel grafico, maggiore è la velocità del sistema di riferimento, maggiore è l'intervallo di tempo Δt , cioè l'orologio rallenta fino a fermarsi quando $v=c$.

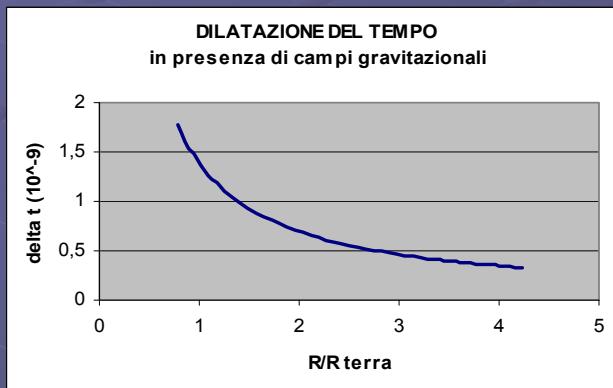
Esempio: Ci sono due orologi sincronizzati sulla superficie della Terra; il primo orologio rimane sul nostro pianeta ed il secondo è lanciato nella profondità dello spazio a bordo di un'astronave che viaggia vicina alla velocità della luce ($c = 300000$ Km/sec.). Quando torna a casa, comparando i due orologi si può osservare che:

L'orologio che ha viaggiato è in ritardo rispetto a quello che è rimasto sulla Terra!

Errori relativistici (2)

Allo stesso modo qualsiasi corpo soggetto alla forza di gravità ha una deformazione del tempo pari a:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{1 + \frac{2\Phi}{c^2}}$$



In cui $\Phi = -GM / R$ indica il potenziale gravitazionale scalare pseudo newtoniano con G che è la costante di gravitazione universale, M la massa del corpo generatore del campo gravitazionale e R la distanza radiale non euclidea fra i corpi (cioè soggetta alla legge relativistica dell'allungamento del raggio: $DR = GM / 3c^2$). Δt_0 è ancora il tempo proprio ossia l'intervallo di tempo rispetto ad un sistema di riferimento in cui non vi sono campi gravitazionali.

Consegue che: gli orologi immersi in campi gravitazionali intensi rallentino la loro misurazione del tempo rispetto agli orologi soggetti a campi gravitazionali minori o nulli.

Esempio: utilizziamo gli stessi due orologi sincronizzati sulla superficie della Terra. Questa volta mandiamo un orologio in una stazione spaziale orbitante intorno alla Terra, dove la gravità è minore che sulla superficie terrestre. Quando torna indietro possiamo osservare che: **L'orologio che è stato spedito nella stazione spaziale è in anticipo rispetto a quello che è rimasto sulla superficie terrestre!!!**

Effetti relativistici sul GPS

Quanto sono importanti questi effetti per il corretto funzionamento degli orologi a bordo dei satelliti del GPS?

- **Effetto dovuto alla velocità:** la formula $t = t_0(1 - (v/c)^2)^{-1/2}$ applicata ad un satellite la cui **velocità orbitale è 3,87 km/s** mostra un **ritardo di 7 $\mu\text{-sec al giorno}$** (la velocità, ricordiamo, dilata il tempo di un corpo relativamente ad uno più lento) rispetto agli orologi a terra.
- **Effetto dovuto alla quota:** l'influenza del **campo gravitazionale terrestre** sui satelliti è **quattro volte minore**. Applicando la formula: $t = t_0(1 + 2\Phi/c^2)^{-1}$, che lega il tempo relativo e la gravità, ne deduciamo che ogni satellite **“guadagna” 45 $\mu\text{-sec al giorno}$**

($\mu\text{-sec} = \text{microsecondi} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ secondi}$)

La somma algebrica delle variazioni dei tempi così ottenuti (7 $\mu\text{-sec} - 45 \mu\text{-sec}$) ci porta a dire che un satellite del GPS anticipa il tempo segnato dall'orologio sulla terra di **38 $\mu\text{-sec al giorno}$** .

Nella localizzazione del ricevitore, che errore genera un anticipo di 38 $\mu\text{-sec al giorno}$?

Per calcolarlo basta moltiplicare questo tempo per la velocità della luce:

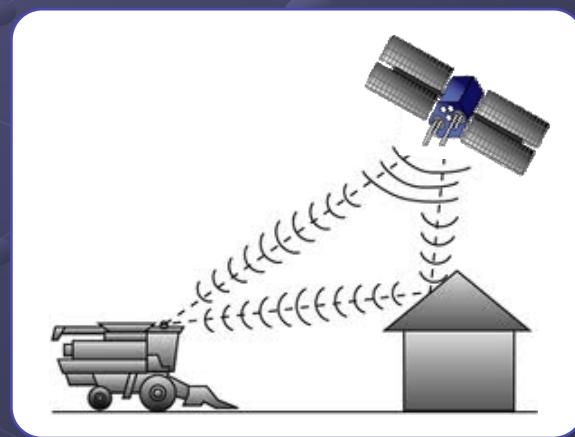
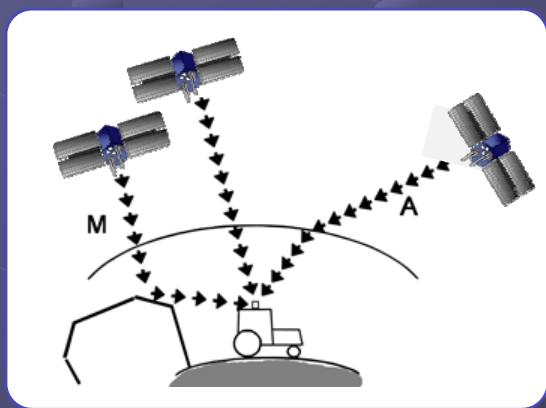
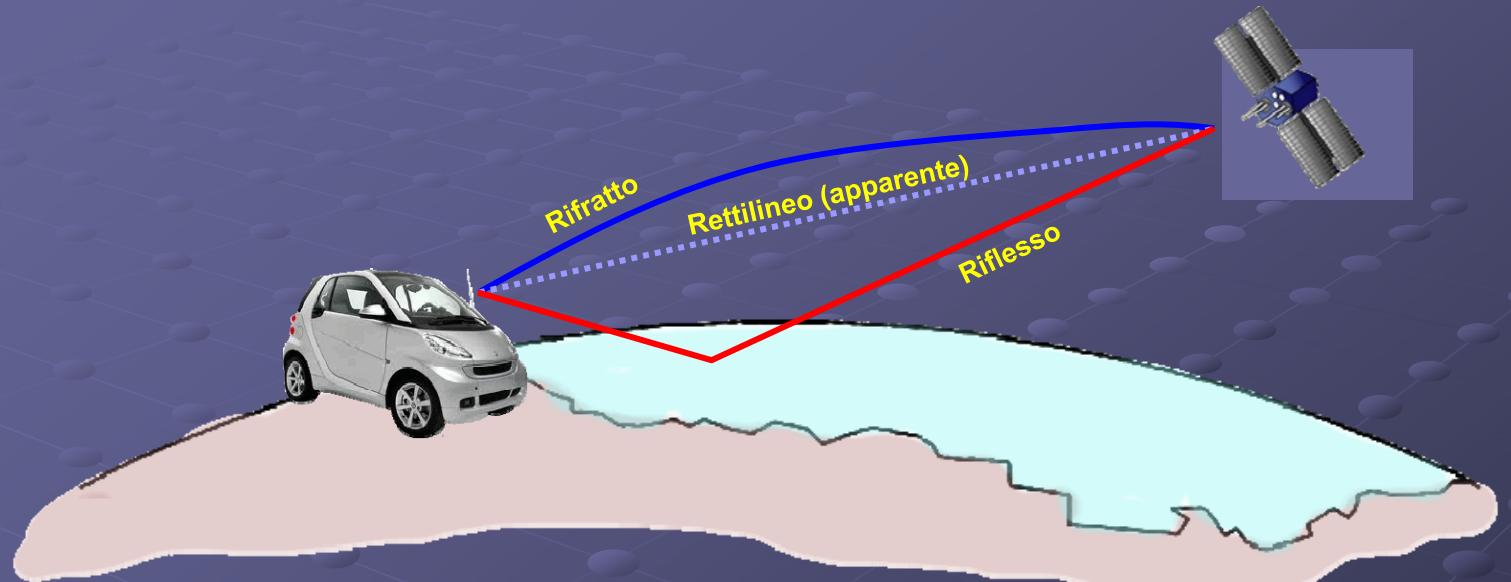
$$38 \mu\text{s} \times 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 11400 \text{m} = 11,4 \text{km}$$

Fonti di errori minori

Esistono numerose componenti fonti di errori che rendono complessa l'elaborazione anche perché tali fonti sono variabili nel tempo (basti pensare al diverso scenario gravitazionale della terra a seconda se si trovi in apogeo (più lontana dalla terra) o perigeo (più vicina alla terra))



La Rifrazione e Riflessione nel GPS



La Rifrazione

REFRACTION

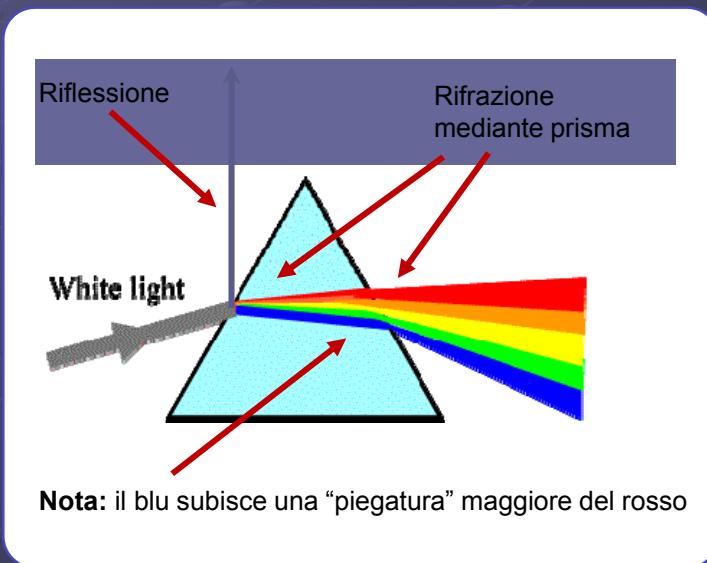
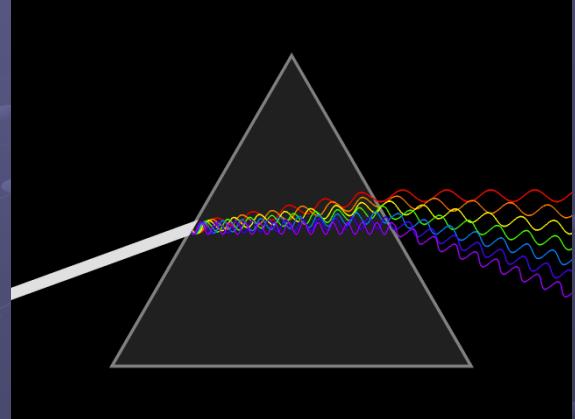
L'angolo di rifrazione dipende da:

- **Frequenza della luce**: maggiore è la frequenza maggiore è la rifrazione
- **Densità dello spazio attraversato**: maggiore è la densità maggiore è la rifrazione

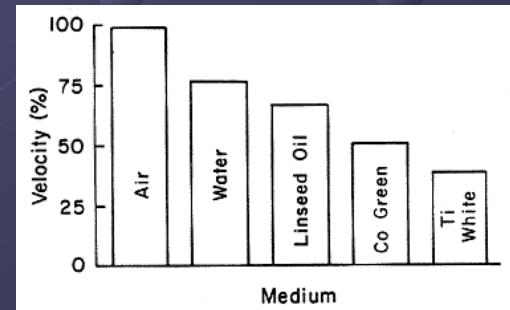
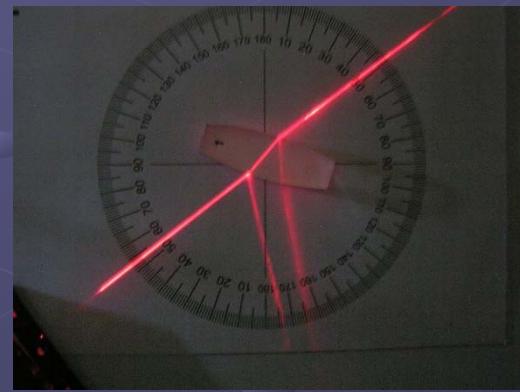
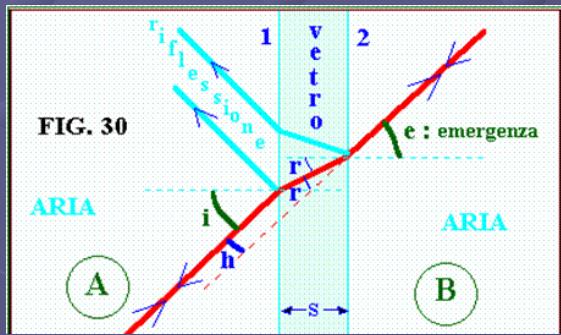
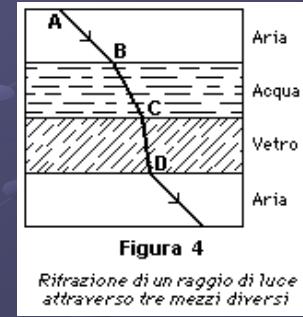
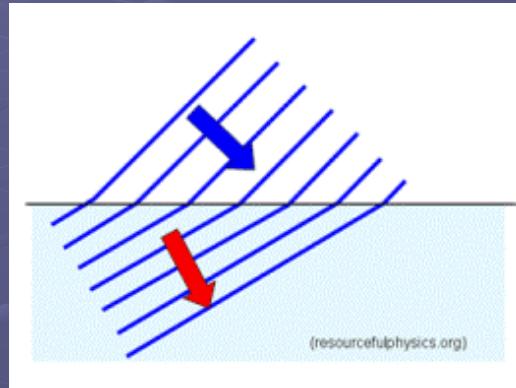
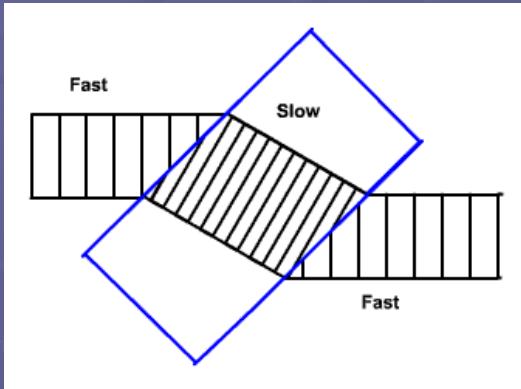


Nota: la rifrazione della cannuccia viola è maggiore della rifrazione della cannuccia gialla

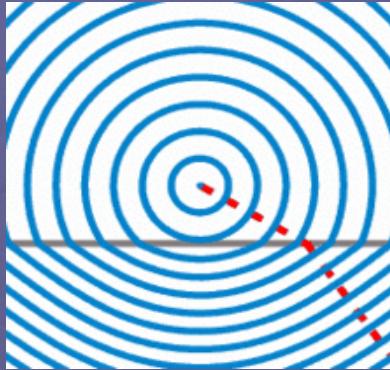
La rifrazione avviene ogni qualvolta la luce attraversa uno **spazio con differente densità** nel quale cambia la sua **velocità di propagazione** e le "piegature" dipendono dal valore della frequenza considerata.



La Rifrazione

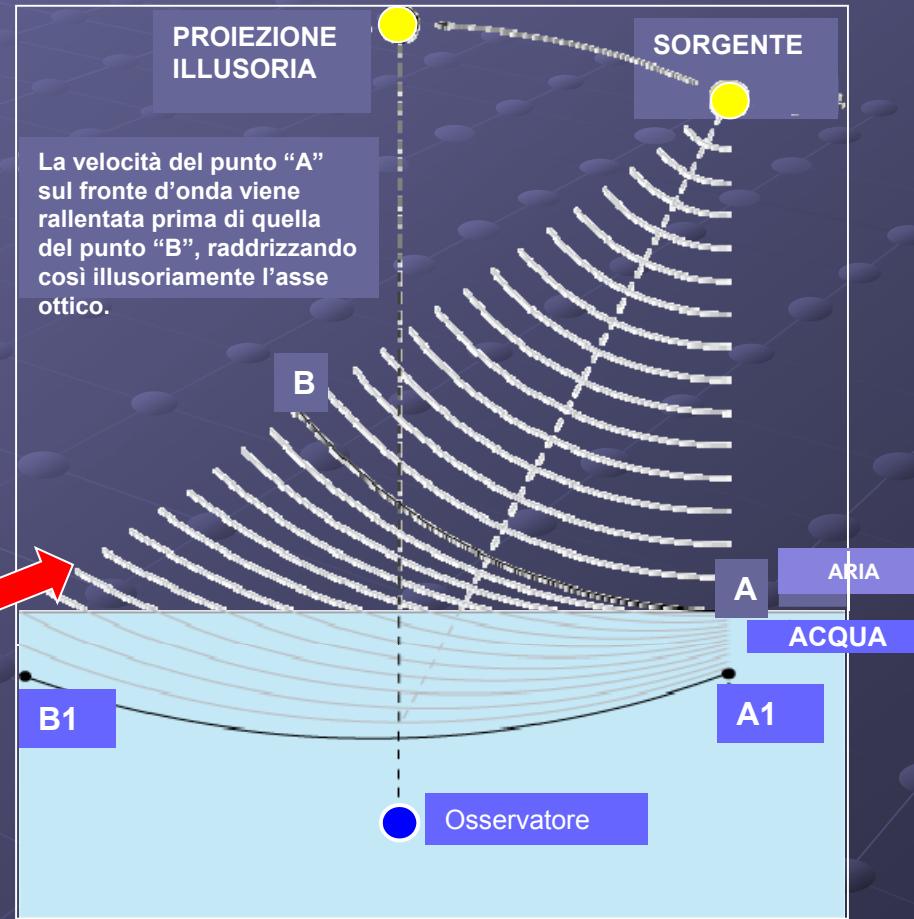


La Rifrazione nel GPS: spiegazione fisica

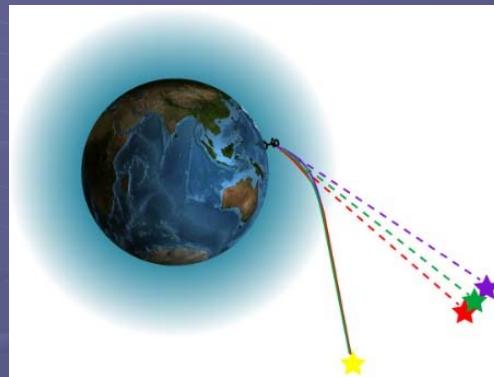
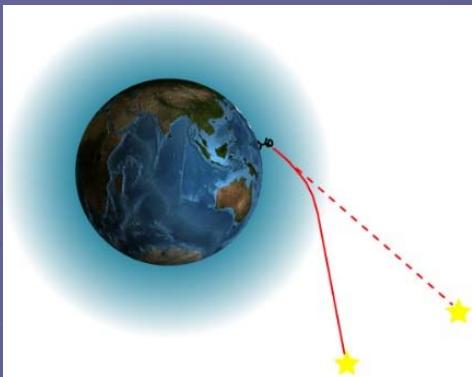


Se il rematore usa più forza a:

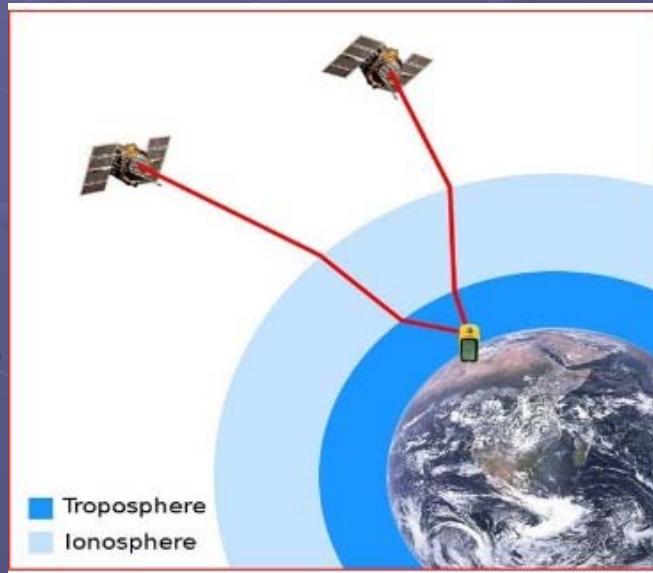
- destra → va a sinistra
- sinistra → va a destra



Rifrazione graduale



Un raggio di luce di una stella che arriva sulla terra subisce una deviazione ed i colori di cui il raggio si compone vengono rifratti con angoli diversi. Ciò condurrebbe a percepire una stella non come un puntino luminoso bensì come un piccolo segmento tipo arcobaleno. Nella pratica tali differenze di rifrazione non sono distinguibili dall'occhio umano per cui continuiamo a percepire la loro mescolanza (cioè vediamo la stella bianca).

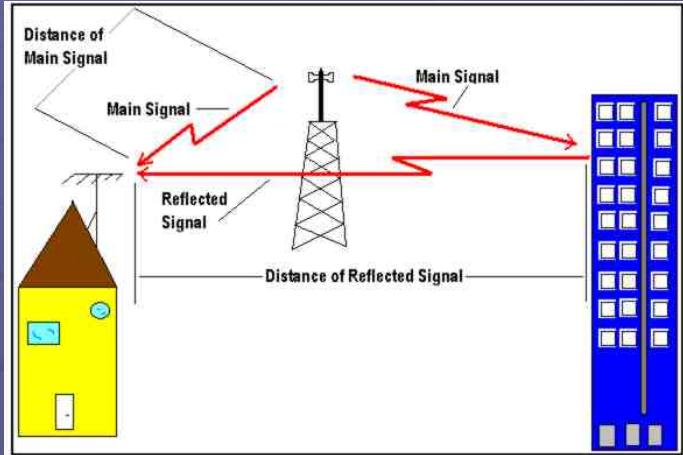


- A causa della gravità, l'atmosfera terrestre è più densa alla superficie che ad alta quota.
- Poiché la densità atmosferica varia da un minimo (alta quota) ad un massimo (bassa quota), allora la “piegatura” che subisce il segnale che attraversa l'atmosfera varia da un minimo (alta quota) ad un massimo (bassa quota).



La Riflessione nel mondo reale

Il fenomeno della rifrazione di segnali è riscontrabile in molte circostanze del mondo reale



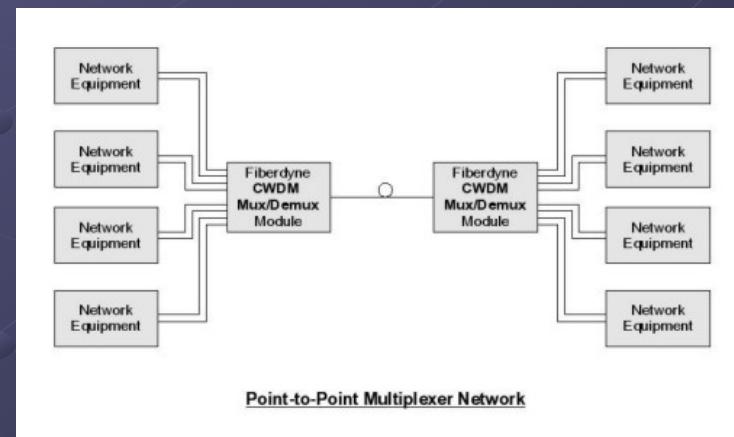
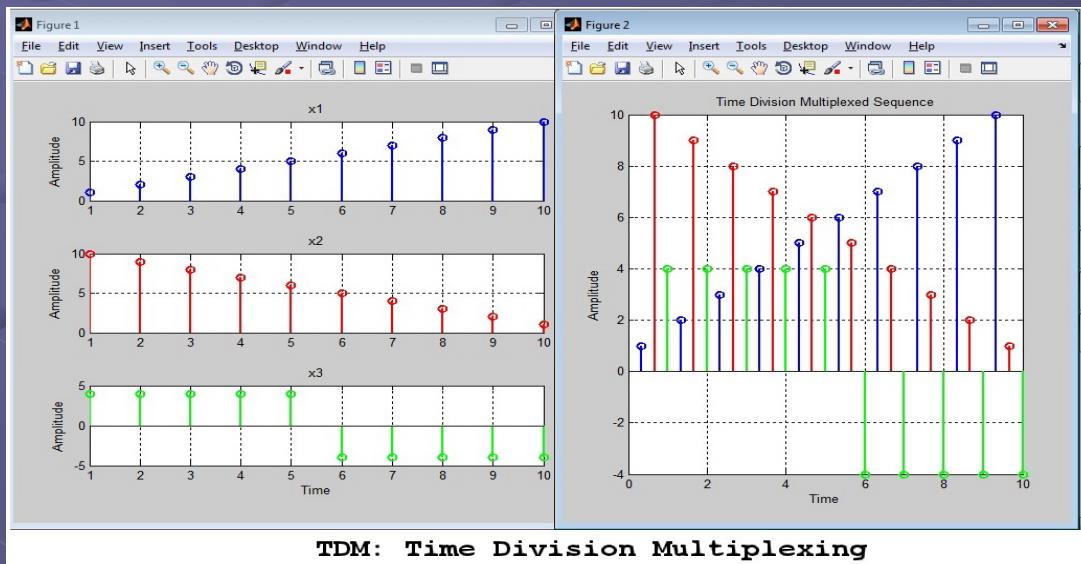
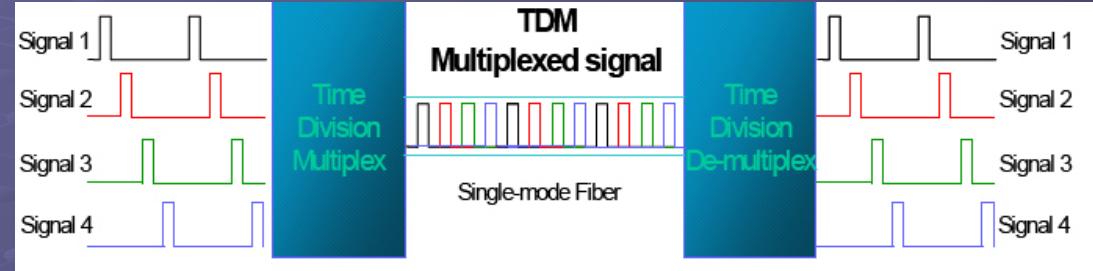
TV analogica: Sdoppiamento dell'immagine (**ghosting**) in presenza di superfici riflettenti (mare, aeroporti,...)



Esempi di Ghosting Televisivo (TV analogica)

Trasmissioni GPS ortogonali: Time Division Multiplexing

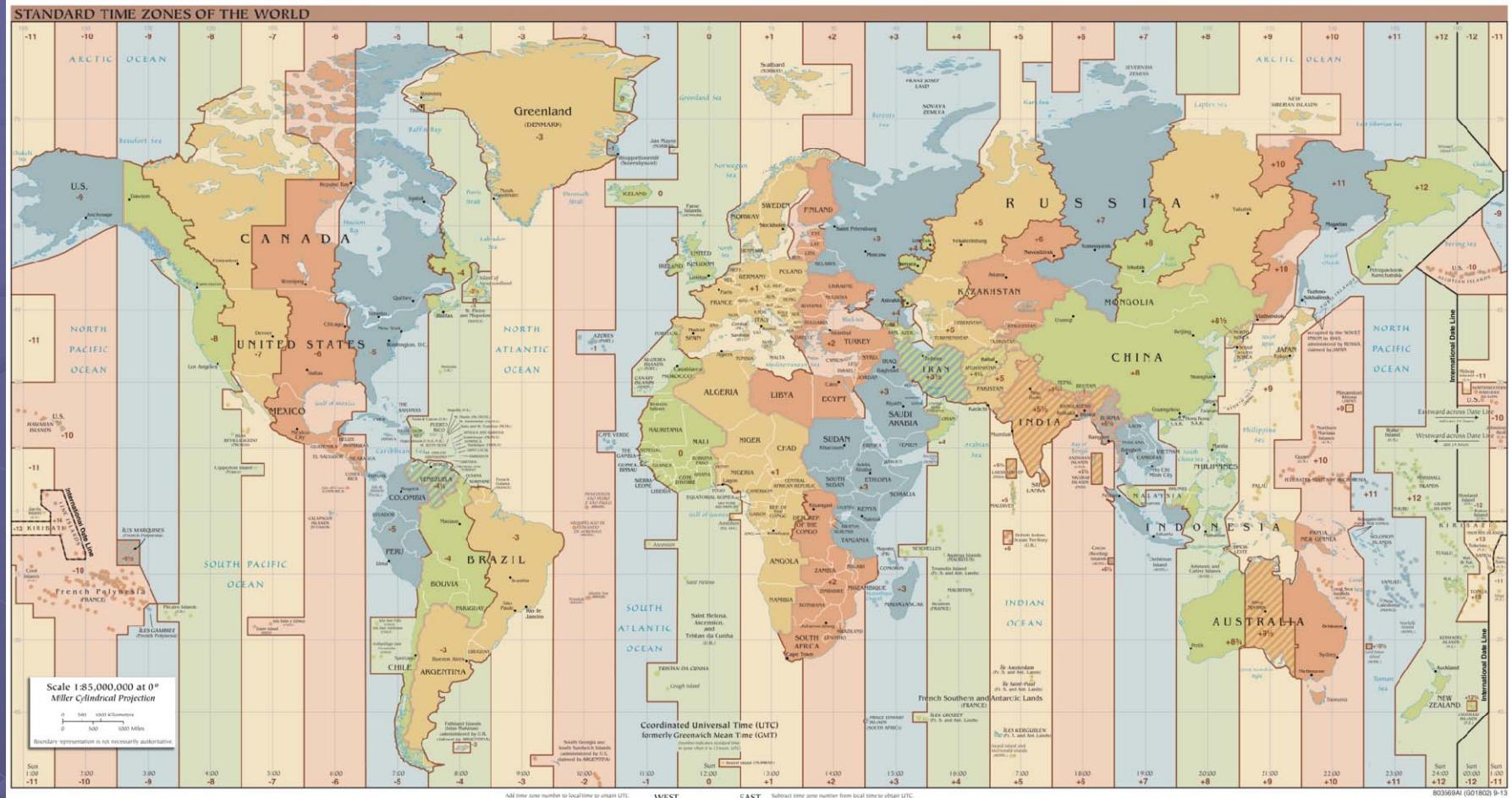
I segnali trasmessi dai satelliti sono tra loro ortogonali: per ogni coppia S_i e S_j di segnali, il loro prodotto scalare è nullo



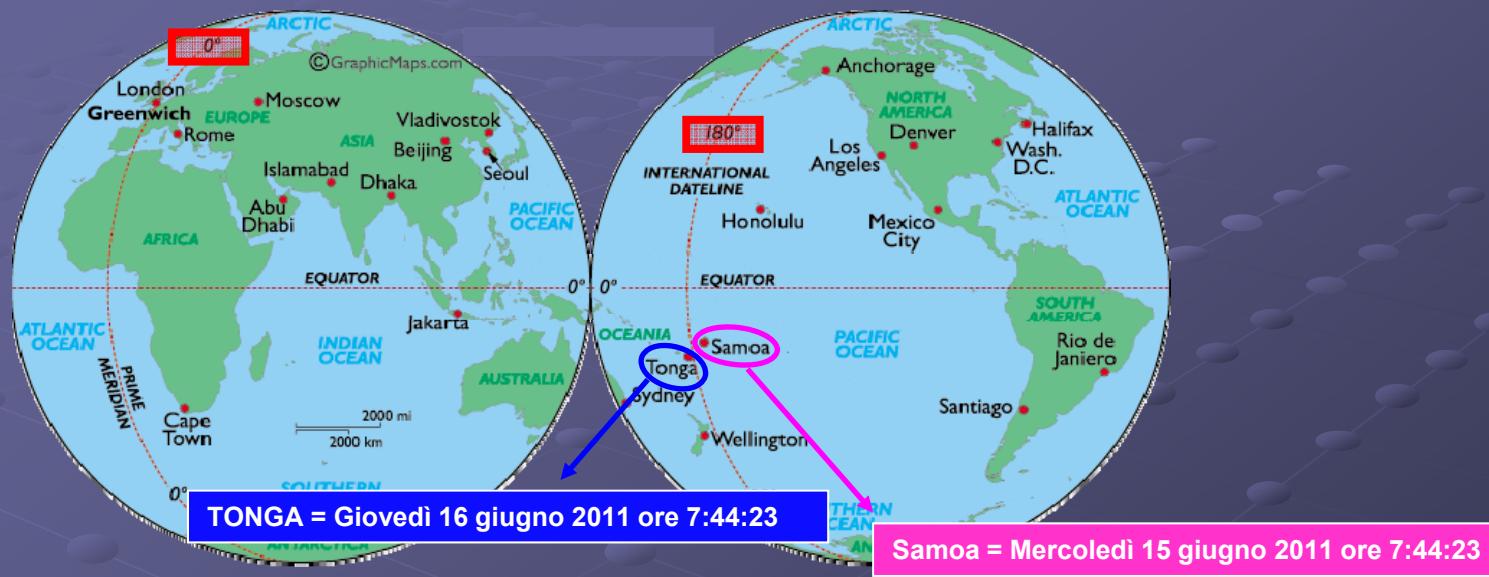
Spazio / Tempo

Alcune questioni
di Spazio e di Tempo

Time Zones



La Linea del cambiamento di data



- **Subito a sinistra** della “International Data Line” la data è sempre un giorno avanti rispetto alla data **subito a destra**.
- Tonga e Samoa hanno lo stesso orario ma hanno **1 giorno di differenza**.



UTC

UTC (Tempo Coordinato Universale)

- **Motivazione:** il termine UTC è stato coniato per non dover menzionare una specifica località in uno standard internazionale.
- **Riferimento:** basa su misurazioni condotte da orologi atomici invece che su fenomeni celesti come il GMT. A causa delle oscillazioni nella velocità di rotazione della Terra (dovute alle influenze gravitazionali della Luna, del Sole e, in misura minore, degli altri pianeti), il GMT ritarda costantemente rispetto al "tempo atomico" UTC.
- **Rappresentazione:** L'UTC nei sistemi informatici tipicamente Unix memorizzano la data come il numero di secondi passati dal 1º gennaio 1970.

[https://it.wikipedia.org/wiki/Tempo_\(Unix\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Tempo_(Unix))

<http://www.epochconverter.com/clock>

UTC: Rappresentazione

EPOCA: 1º gennaio 1970. Sulla maggior parte dei sistemi a 32 bit, il valore del dato time.h usato per questo calcolo è un numero intero a 32 bit di tipo signed

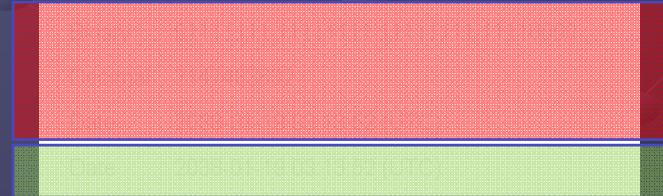
Usando questo sistema, l'istante più lontano rappresentabile scoccherà alle ore
03: 14: 07 del 19 gennaio 2038 (UTC).

Dopo questo momento, il contatore supererebbe il valore massimo, e verrebbe considerato come un numero negativo. I computer leggeranno la data non come 2038 ma come 1901 (precisamente, le 20:45:52 UTC di venerdì 13 dicembre 1901), causando errori di calcolo

**03:14:07 del
19 gennaio 2038**

**20:45:52 del
13 DICEMBRE 1901**

Data calcolata →
Data effettiva →



Rappresentazioni possibili di 32 bit signed

-2.147.483.648

Data MINIMA :

20:45:52 UTC di venerdì

13 dicembre 1901

0

EPOCH:

00:00:00 UTC di giovedì

1 gennaio 1970

1.000.000.000

1.111.111.111

.....

1.234.567.890

.....

2.147.483.647

Data MASSIMA :

03:14:07 UTC di martedì

19 gennaio 2038

Eventi degni di nota:

9 settembre 2001 01:46:40 AM (UTC). : Unix millennium, l'orologio segnava 1.000.000.000 secondi: L'evento celebrato a Copenaghen durante una festa organizzata dal DKUUG (Danish UNIX User Group).

18 marzo 2005: L'orologio segnava 1.111.111.111 secondi.

12 maggio 2006 alle 21:27:28 CRASH Web Server AOLserver: Un miliardo di secondi prima del 2038 il server superò il limite critico restituendo una data del passato, causando crash del sistema.

Il 13 febbraio 2009 alle ore 23:31:30 (UTC), il Tempo Unix ha raggiunto la cifra '1234567890'. Si sono tenuti festeggiamenti vari in tutto il mondo per celebrare l'evento

26 gennaio 2011: è stato il 15.000° giorno di UNIX.



Epoca

<http://www.epochconverter.com/>

The current Unix epoch time is **1462649527**

Convert epoch to human readable date and vice versa

0 [Timestamp to Human date](#) [batch convert timestamps to human dates]

GMT: Thu, 01 Jan 1970 00:00:00 GMT
Your time zone: 1/1/1970, 01:00:00 GMT+1:00

Yr Mon Day Hr Min Sec
2016 - 5 - 7 : 18 : 19 : 21 GMT [Human date to Timestamp](#)

Sat, 07 May 2016 18:19:21 GMT [Human date to Timestamp](#) [batch convert]
Input format: RFC 2822, D-M-Y, M/D/Y, Y-M-D, etc.
Strip 'GMT' to convert to local time, no support for other time zones.

Press **c** or click [here](#) to clear all forms.

Epoch dates for the start and end of the year/month/day

Show start & end of year month day

Yr Mon Day
2016 - 5 - 7 GMT [Convert](#) [Epoch List By Month & Year]

The end of Epoch: Soluzioni

Non è semplice risolvere il problema a causa della grande diversità dei processori, Sistemi Operativi e file system. Molti sistemi operativi per sistemi a 64 bit usano già dei numeri interi a 64 bit per il time.h. Il passaggio a questo tipo di architetture è in corso, e ci si aspetta che sia completo prima del 2038. Tuttavia, ancora oggi esistono centinaia di milioni di sistemi a 32 bit sul mercato, di cui molti in sistemi integrati.

Soluzioni:

- **Cambiare time.h in un intero unsigned**. Ciò permetterà di rimandare il problema al 7 febbraio 2106, ma ciò causerebbe comunque problemi a molti programmi.
- **L'uso di un valore di tipo signed a 64 bit** sposterebbe l'emergere del problema in avanti nel tempo di circa 290 miliardi di anni, una data che è addirittura al di là della previsione di vita del sistema solare: spostamento eccessivo!!!
 - Sono state avanzate anche varie proposte alternative, alcune delle quali in uso, per sfruttare questo spostamento eccessivo della data massima calcolabile: tra queste, includere nel calcolo delle ore i millisecondi o i microsecondi, abbreviando la vita utile delle macchine a 300.000 anni

Esempio:

UTC LAT LON
547667220000 40.827988, 14.192942

10 maggio del 1987 ore 17:47:00,000

Centro Campo dello Stadio S.Paolo



Sincronizzazione Orologi

- Come più volte detto, l'efficacia e la precisione dell'intero sistema GPS dipende fortemente dalla precisione (e quindi dalla sincronizzazione) degli orologi sia terrestri che satellitari
- Gli orologi atomici sono basati su Cesio e Rubidio e sono troppo costosi
- Gli orologi dei ricevitori sono basati su quarzo e sono economici; essi sono continuamente “resettati”

SINCRONIZZAZIONE:

- Il ricevitore R, esaminando l'orario di 4 o più satelliti può misurare la propria imprecisione: in altre parole, **solo e soltanto un orario T può soddisfare le equazioni geometriche per poter individuare un unico punto nello spazio: le 4 sfere di distanza individuate dai 4 satelliti e dal ricevitore si intersecano in un solo punto soltanto se le misurazioni ottenute sono precise: T è proprio l'orario degli orologi atomici dei satelliti.** Il ricevitore R quindi calcola ed imposta il proprio orario a T semplicemente imponendo che l'intersezione delle 4 sfere coincida in un unico punto.
- Il sistema GPS può quindi fornire gratuitamente l'accuratezza di un orologio atomico

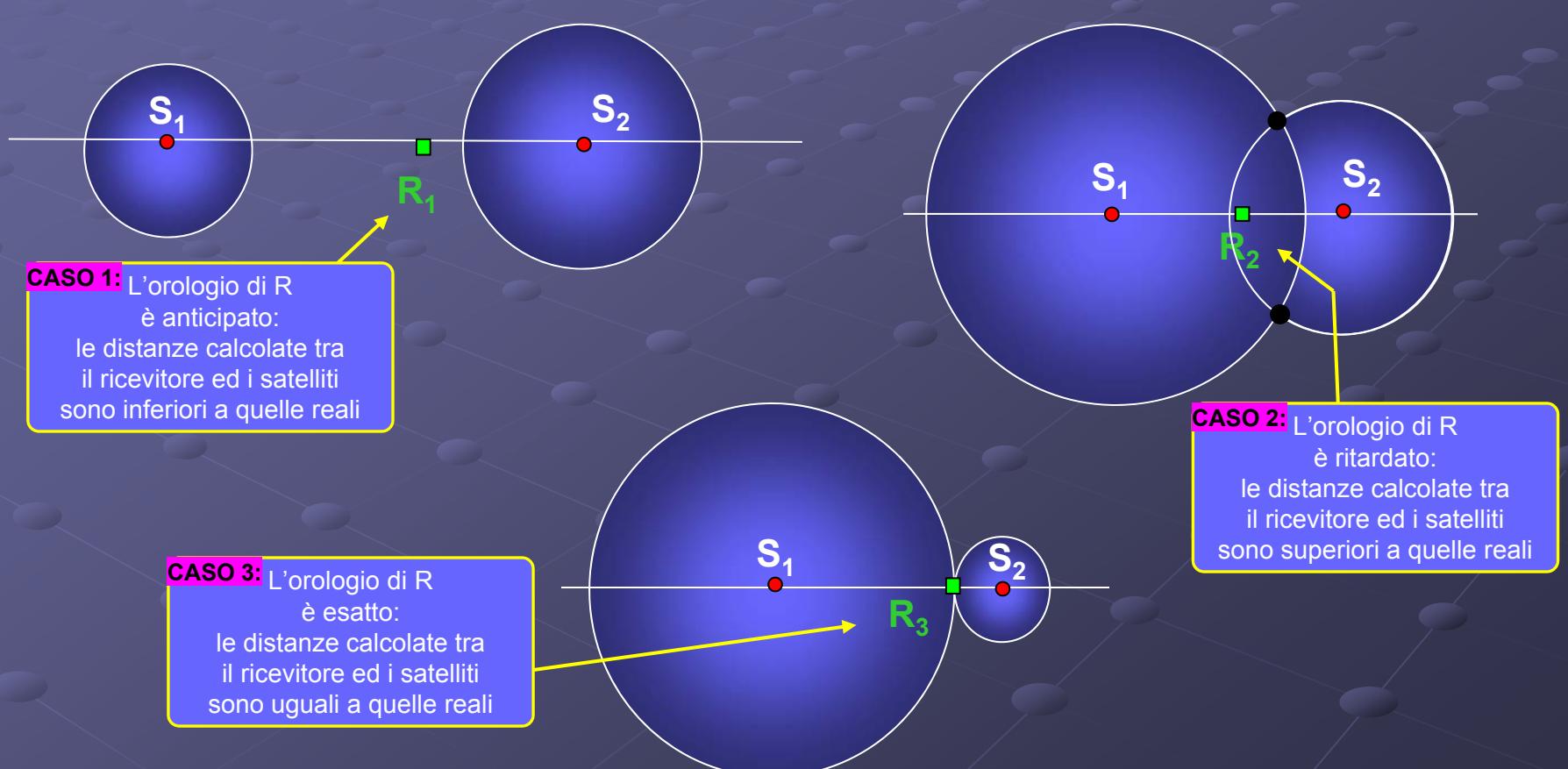
Sincronizzazione (2)

Esempio in 1D (in 3D il concetto è equivalente ma esteso a 4 sfere)

Le coordinate "spaziali" dei satelliti S_1 ed S_2 sono note al Ricevitore R (R infatti possiede l'Almanacco)

A seconda dell'ora dell'orologio di R (orario R_1 , R_2 ed R_3) posso quindi ricavare diverse grandezze delle sfere di distanza.

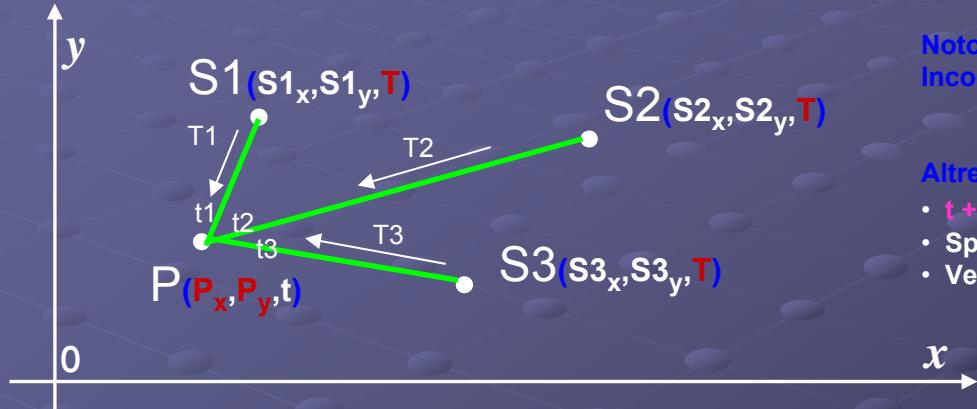
Nell'esempio si suppongono 3 casi relativi a 3 orari differenti (orario R_1 , R_2 ed R_3) dell'orologio del ricevitore R



Sincronizzazione orologi - Caso 2D

Si supponga che:

- In un piano C siano note le coordinate dei 3 punti S1, S2 ed S3 e siano invece ignote le coordinate del punto P.
- Gli orologi di S1, S2 ed S3 siano precisi e perfettamente sincronizzati con tempo T.
- L'orologio di P sia impreciso con tempo t (in cui $t + e = T$; e rappresenta l'errore, positivo o negativo, dell'orologio di P).



Note: $S1_x, S1_y, S2_x, S2_y, S3_x, S3_y, T1, T2, T3, t$
Incognite: P_x, P_y, T

Altre relazioni:

- $t + e = T$ (in cui e = errore orologio di P)
- Spazio = Velocità x Tempo = $S = V \cdot T$
- Velocità luce = $c = 300.000 \text{ km/s}$

Si supponga che P misuri le distanze dai 3 punti S1, S2 ed S3 usando il proprio orologio t cioè P legge il proprio orologio ogni volta che riceve un messaggio: quindi P legge i 3 orari t_1 , t_2 e t_3 relativi all'arrivo dei messaggi di S1, S2 ed S3.

Con il teorema di Pitagora si calcolano le distanze tra P ed i punti S1, S2 ed S3:

$$\begin{aligned} \text{distanza}(P, S1) &= \sqrt{(S1_x - P_x)^2 + (S1_y - P_y)^2} = v \cdot (t1 + e - T1) \\ \text{distanza}(P, S2) &= \sqrt{(S2_x - P_x)^2 + (S2_y - P_y)^2} = v \cdot (t2 + e - T2) \\ \text{distanza}(P, S3) &= \sqrt{(S3_x - P_x)^2 + (S3_y - P_y)^2} = v \cdot (t3 + e - T3) \end{aligned}$$

in cui:

Ti = istante di partenza del messaggio da Si (incluso nel messaggio da Si)

ti = istante d'arrivo del messaggio di Si in P (contenente il tempo Ti di Si)

$ti - Ti$ = tempo approssimato di percorrenza da Si a P (calcolato in P)

$ti + e - Ti$ = tempo esatto di percorrenza da Si a P.

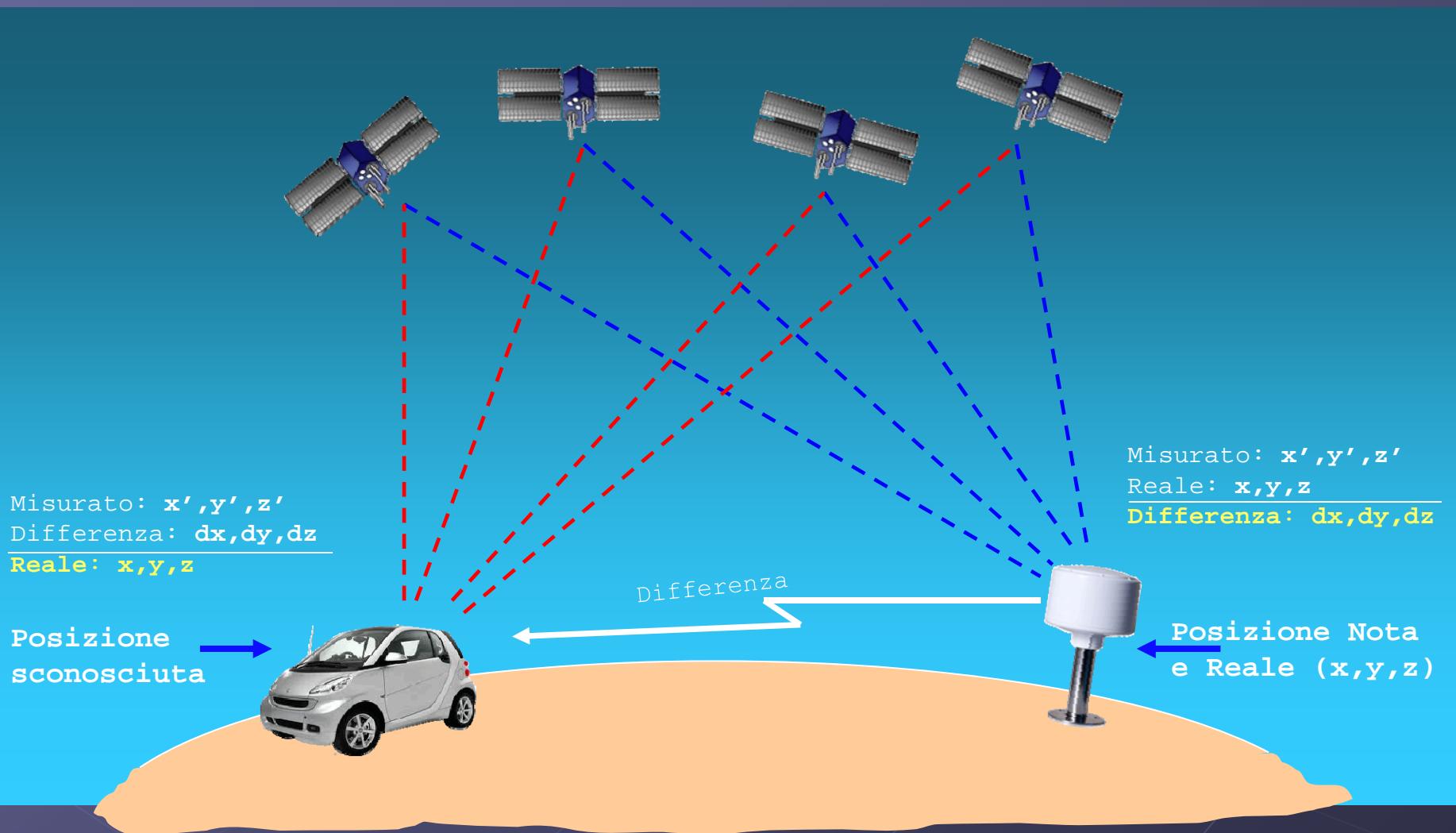
v = velocità della luce = 300.000 km/s

Con la risoluzione di tale sistema di 3 equazioni con 3 incognite (P_x, P_y, e) si ricava anche il tempo T (infatti $T = t + e$)

A-GPS: Assisted GPS

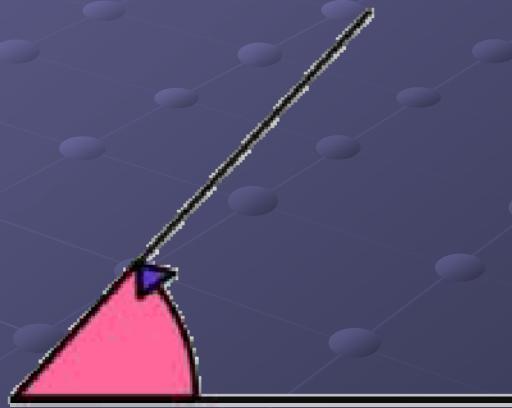
- L'A-GPS, è un sistema che consente di abbattere i tempi necessari alla prima localizzazione durante l'uso di un terminale GPS. Mostra la sua utilità soprattutto nei "canyon" urbani, quali vie strette o viali notevolmente alberati, in cui è difficile stabilire con precisione la lista di satelliti in vista al terminale. Questo sistema sta mostrando una notevole diffusione, ed è normalmente associato ai sistemi di localizzazione (LBS, Location Based Service) basati su telefonia cellulare.
- Uno dei principali problemi dei terminali GPS classici è relativo alla prima localizzazione (il Fixing), in quanto un terminale, all'accensione, deve ricavare la lista dei satelliti in vista in quel momento, per potervisi agganciare e cercare di rilevare la propria posizione. Tale processo è in genere alquanto dispendioso in termini di tempo e risorse, ed il sistema A-GPS è stato studiato al fine di abbattere tali costi, anche in previsione di un utilizzo su terminali con basse capacità di elaborazione o con risorse energetiche limitate, quali i telefoni cellulari.
- Lo scopo principale di questo sistema è quello di "assistere" il ricevitore GPS nel calcolo della posizione, fornendogli informazioni sui satelliti in vista. Tale metodologia richiede il supporto dell'operatore di telefonia mobile.
- L'idea di fondo è la seguente: dato che ogni cella di telefonia mobile presente sul territorio ha una posizione fissa, si fa in modo che sia la cella a ricavare quali siano i satelliti GPS ad essa in vista, istante per istante. Quando un terminale A-GPS vuole conoscere la sua posizione, si collega tramite la rete cellulare ad un Assistance Server (che può anche essere gestito dall'operatore stesso), al quale viene inviata anche l'informazione sulla cella a cui l'utente è agganciato. Dato che sono noti i satelliti in vista alla cella, si può assumere ragionevolmente che anche il terminale A-GPS veda i medesimi satelliti. Pertanto il server elabora una lista con i satelliti in vista, e la invia attraverso la rete cellulare al terminale, che in questo modo può ricavare immediatamente la propria posizione.
- La ridotta quantità di dati da inviare ha suggerito l'impiego di messaggi di tipo cell broadcast, già ampiamente utilizzati, ad esempio, per effettuare tariffazioni diverse a seconda dell'area in cui l'utente si trova, e che compaiono sullo schermo dell'utente sotto forma di indicazione della provincia.

D-GPS: Differential GPS



Appendice

Questioni di angoli...



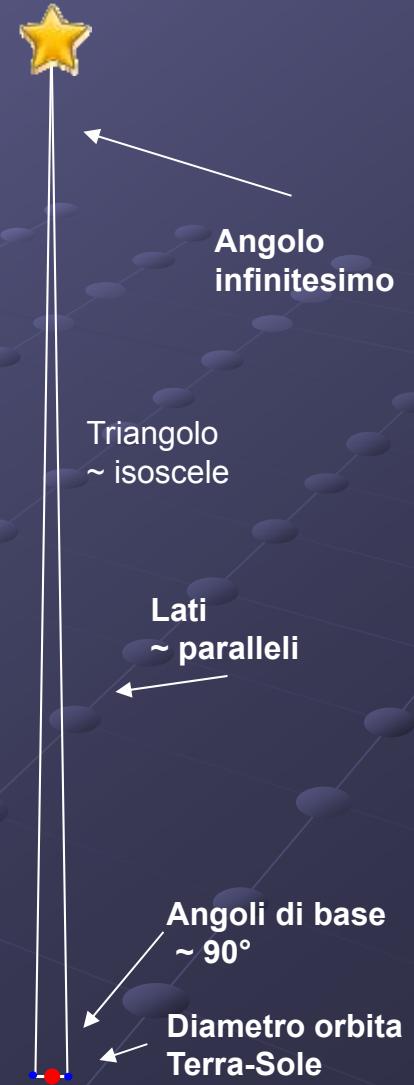
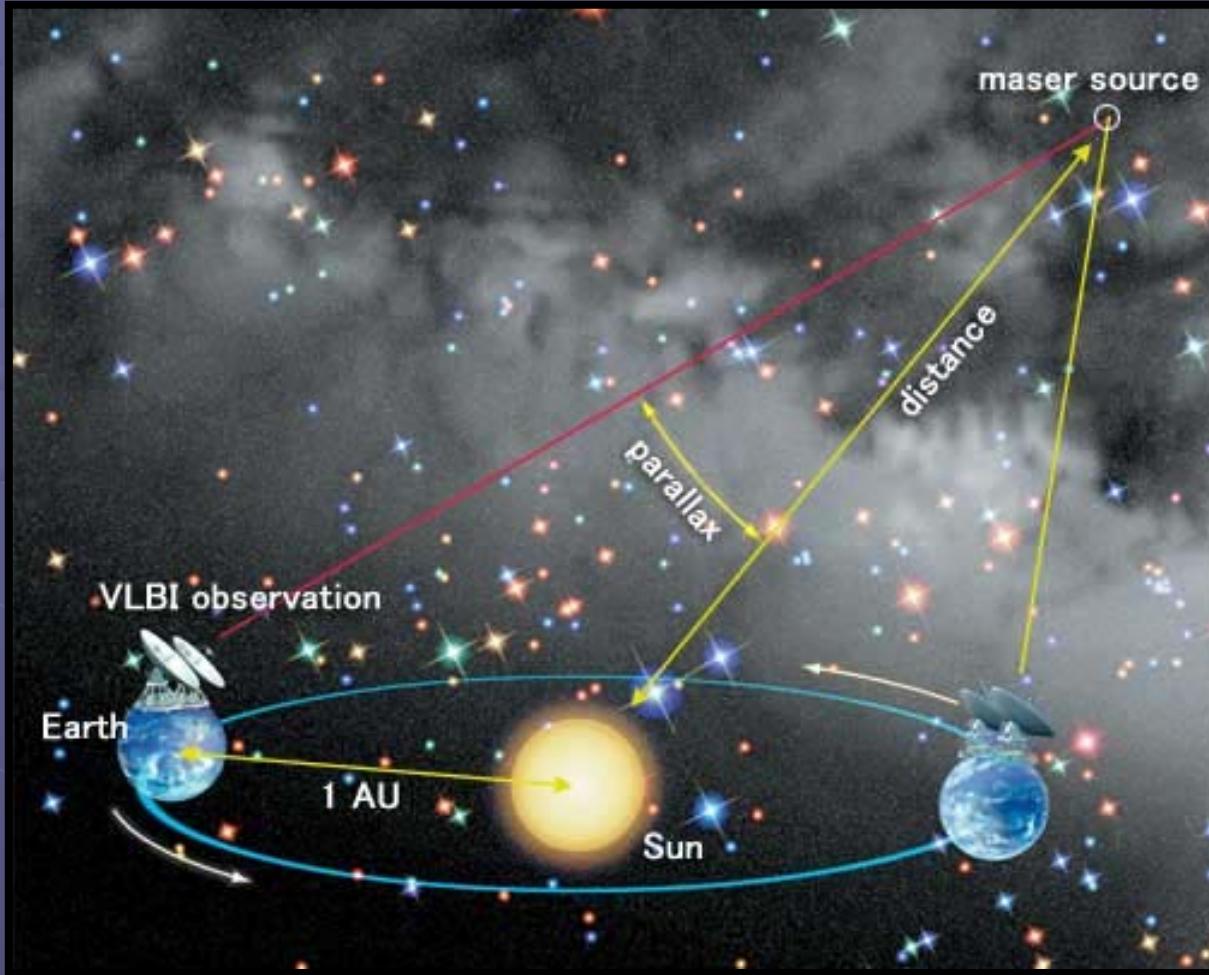
trench binoculars



trench binoculars



Importanza dell'angolo: il Parallax Method

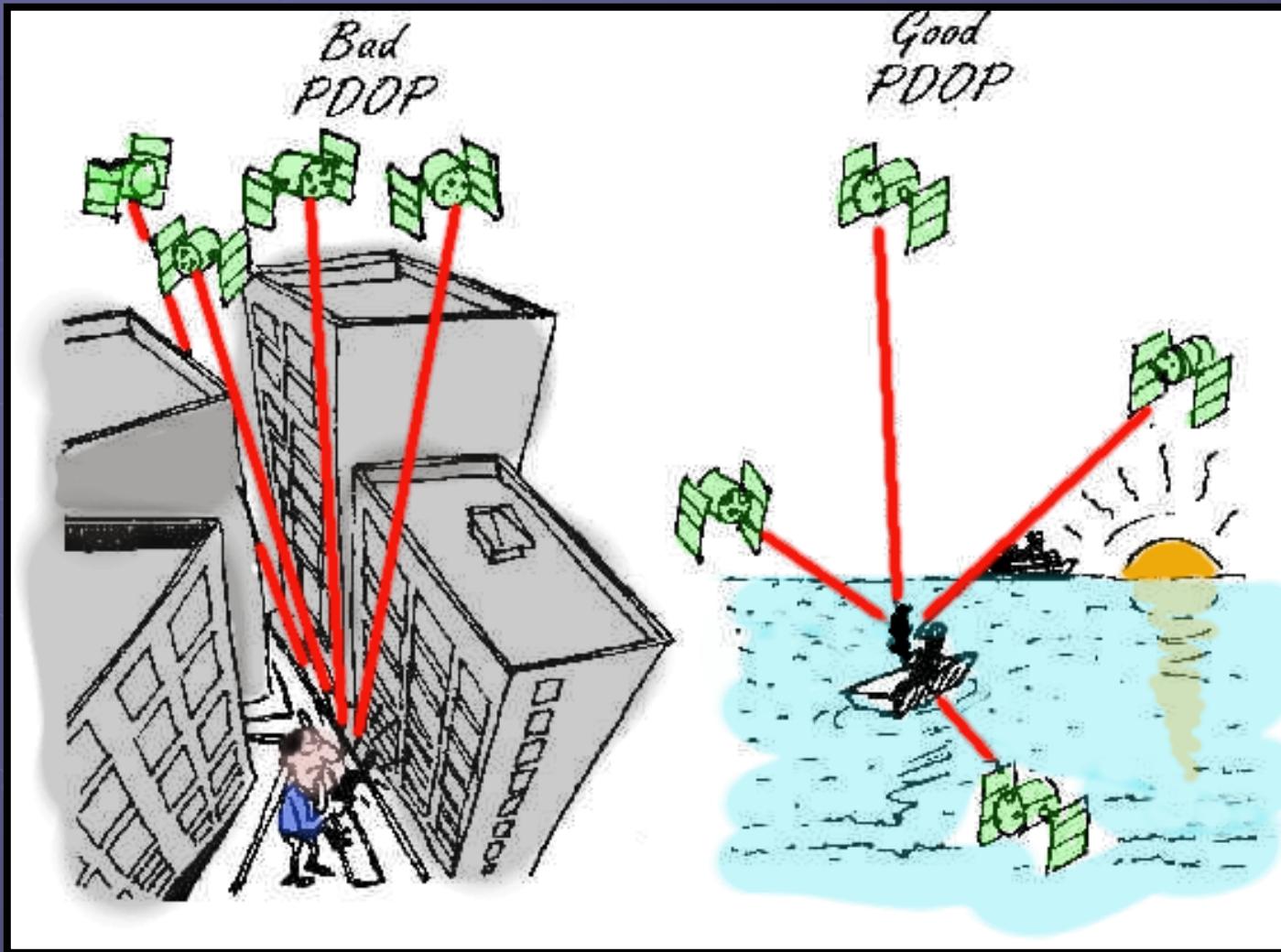


Misurazione di angoli: il Sestante

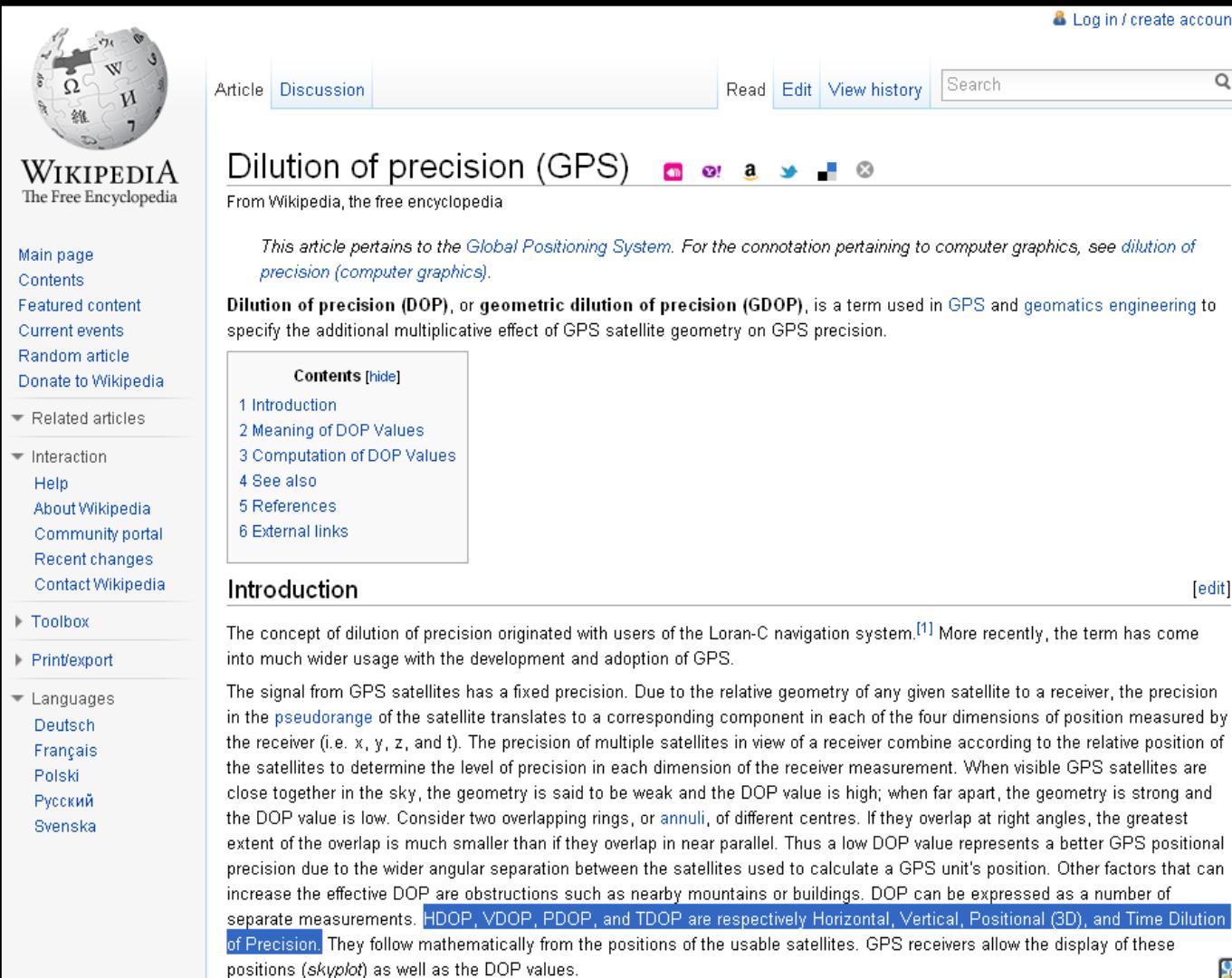


I sestante è uno strumento utilizzato per misurare l'angolo di elevazione di un oggetto celeste sopra l'orizzonte

Dilution Of Precision



Dilution Of Precision



The screenshot shows the Wikipedia page for "Dilution of precision (GPS)". The page has a standard layout with a sidebar on the left containing links to the main page, contents, featured content, current events, random article, and donation options. The main content area includes a navigation bar with tabs for Article, Discussion, Read, Edit, View history, and Search, along with social sharing icons. The article itself starts with a brief introduction about its relevance to the Global Positioning System and a note about its use in computer graphics. It then defines "Dilution of precision (DOP)" or "geometric dilution of precision (GDOP)" as a term used in GPS and geomatics engineering to specify the additional multiplicative effect of GPS satellite geometry on GPS precision. A "Contents" section lists the following sections: Introduction, Meaning of DOP Values, Computation of DOP Values, See also, References, and External links. The "Introduction" section discusses the origin of the concept in the Loran-C navigation system and its recent adoption with GPS. It explains that the signal from GPS satellites has a fixed precision, and due to the relative geometry of satellites to a receiver, the precision in pseudorange translates to components in position dimensions. The text describes how multiple satellites combine to determine precision, noting that close satellites result in weak geometry and high DOP values, while far-apart satellites result in strong geometry and low DOP values. It also mentions factors like overlapping satellite rings and obstructions that can affect DOP. The page concludes by mentioning HDOP, VDOP, PDOP, and TDOP as specific types of DOP.

Dilution Of Precision

Meaning of DOP Values

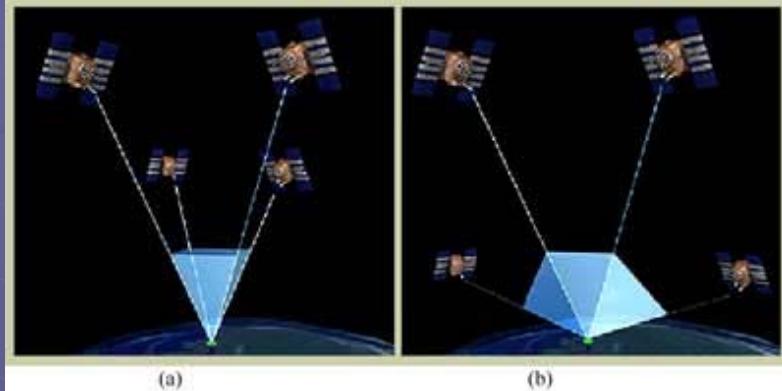
[\[edit\]](#)

DOP Value	Rating	Description
1	Ideal	This is the highest possible confidence level to be used for applications demanding the highest possible precision at all times.
1-2	Excellent	At this confidence level, positional measurements are considered accurate enough to meet all but the most sensitive applications.
2-5	Good	Represents a level that marks the minimum appropriate for making business decisions. Positional measurements could be used to make reliable in-route navigation suggestions to the user.
5-10	Moderate	Positional measurements could be used for calculations, but the fix quality could still be improved. A more open view of the sky is recommended.
10-20	Fair	Represents a low confidence level. Positional measurements should be discarded or used only to indicate a very rough estimate of the current location.
>20	Poor	At this level, measurements are inaccurate by as much as 300 meters with a 6 meter accurate device ($50 \text{ DOP} \times 6 \text{ meters}$) and should be discarded.

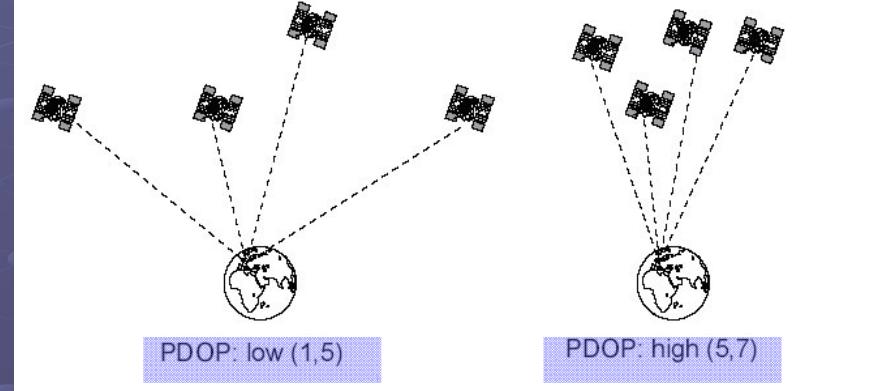
The DOP factors are functions of the diagonal elements of the [covariance matrix](#) of the parameters, expressed either in a global or a local geodetic frame.

Dilution Of Precision

Poor DOP



Good DOP



Abbiamo visto che per il calcolo effettivo della posizione del ricevitore GPS viene utilizzato il metodo della Trilaterazione, basata sulle distanze e non sugli angoli...

Allora perché è comunque desiderabile che la distanza per esempio tra due satelliti sia maggiore possibile in modo che essi formino un angolo maggiore possibile?



Dilution Of Precision

Esempio in 2D
(in 3D il ragionamento è uguale)

Fig.1

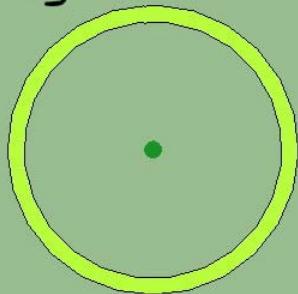


Fig.2

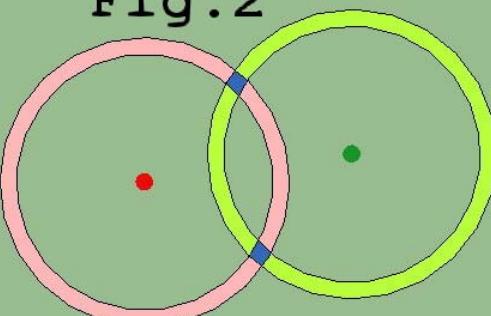


Fig.3

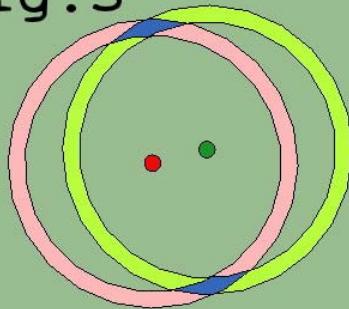
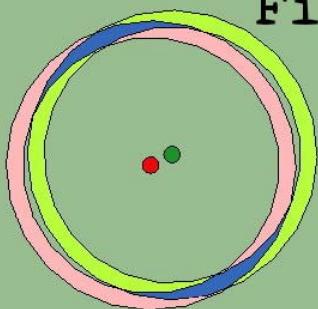


Fig.4



- Natura geometrica
- I dispositivi hanno una precisione limitata

Esempio:

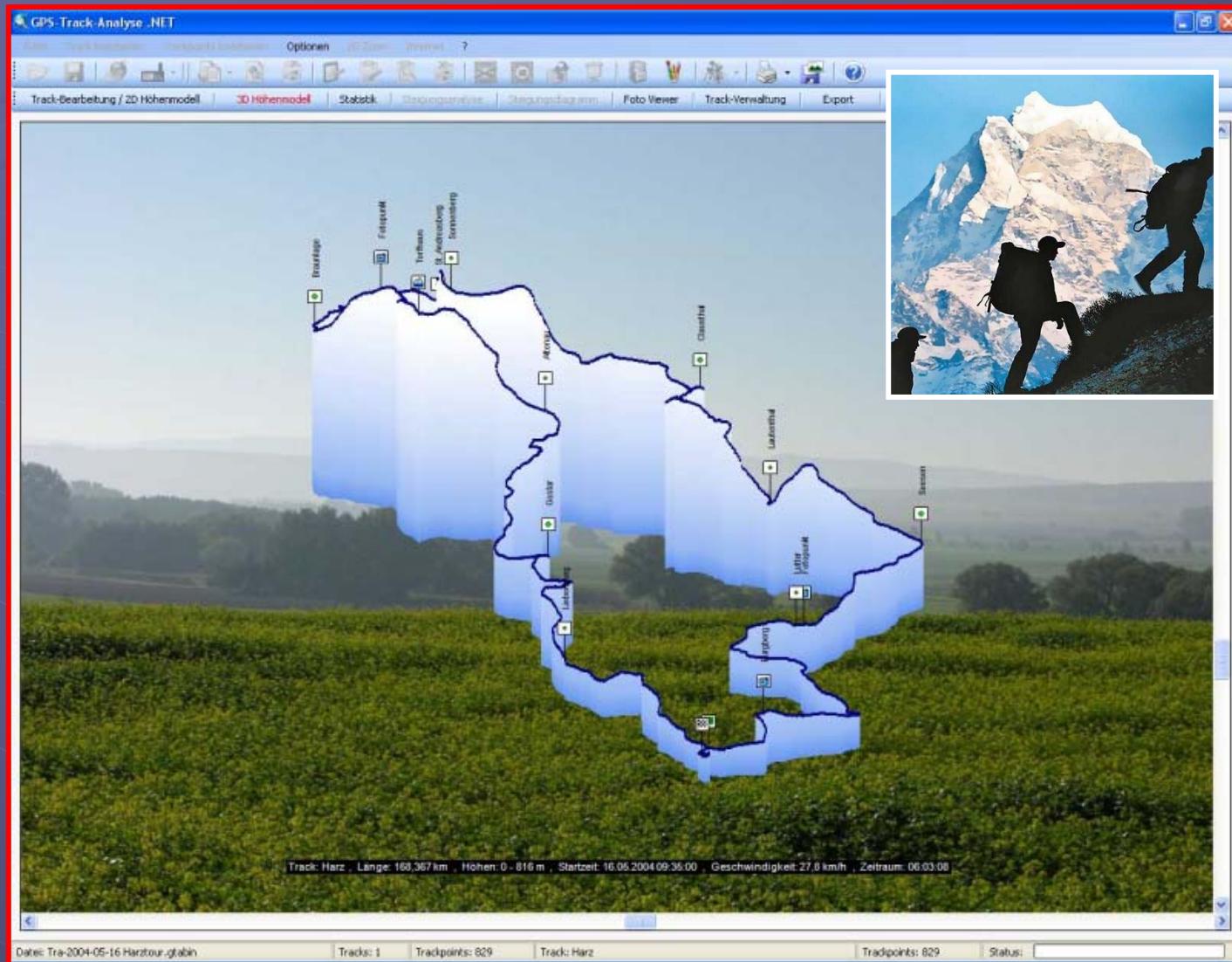
- Figura 1: se conosco la mia distanza dal satellite “●“ e suppongo che esista un errore allora posso ragionevolmente supporre di trovarmi in un punto qualsiasi della relativa corona circolare (zona verde), cioè la mia distanza dal satellite è compresa tra un valore minimo ad uno massimo...
- Figura 2, 3 e 4: se conosco la mia distanza sia dal satellite1 “●“ che dal satellite2 “●“ allora, sapendo di dover considerare un errore, potrò trovarmi nell'intersezione (zona blu) delle rispettive 2 corone circolari (rosa e verde)
- Si nota facilmente che: quanto più sono vicini i satelliti “●“ e “●“, tanto maggiore è l'area di intersezione (zona blu) e, di conseguenza, la mia posizione è più 'incerta'... viceversa: quanto più sono distanti i satelliti allora l'area di intersezione (zona blu) tende ad essere minore...!

Se, per assurdo, il mio dispositivo avesse una precisione infinita allora anziché corone circolari avrei solo semplici circonferenze e le loro intersezioni sarebbero solo punti e non aree e quindi la distanza tra i satelliti di riferimento non sarebbe poi così importante.

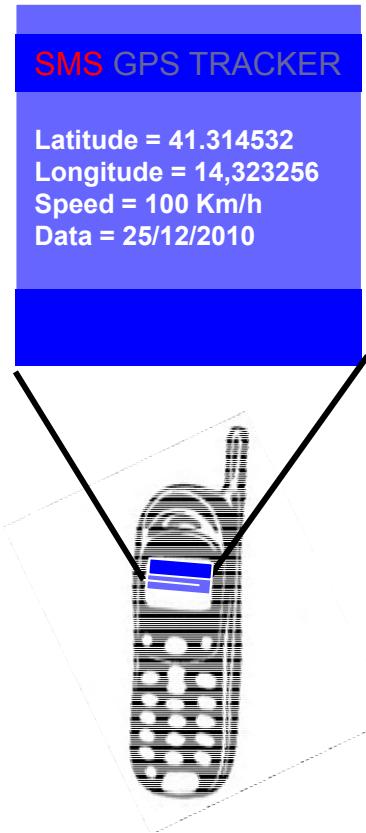
GPS Data LOGGER



GPS LOGGER

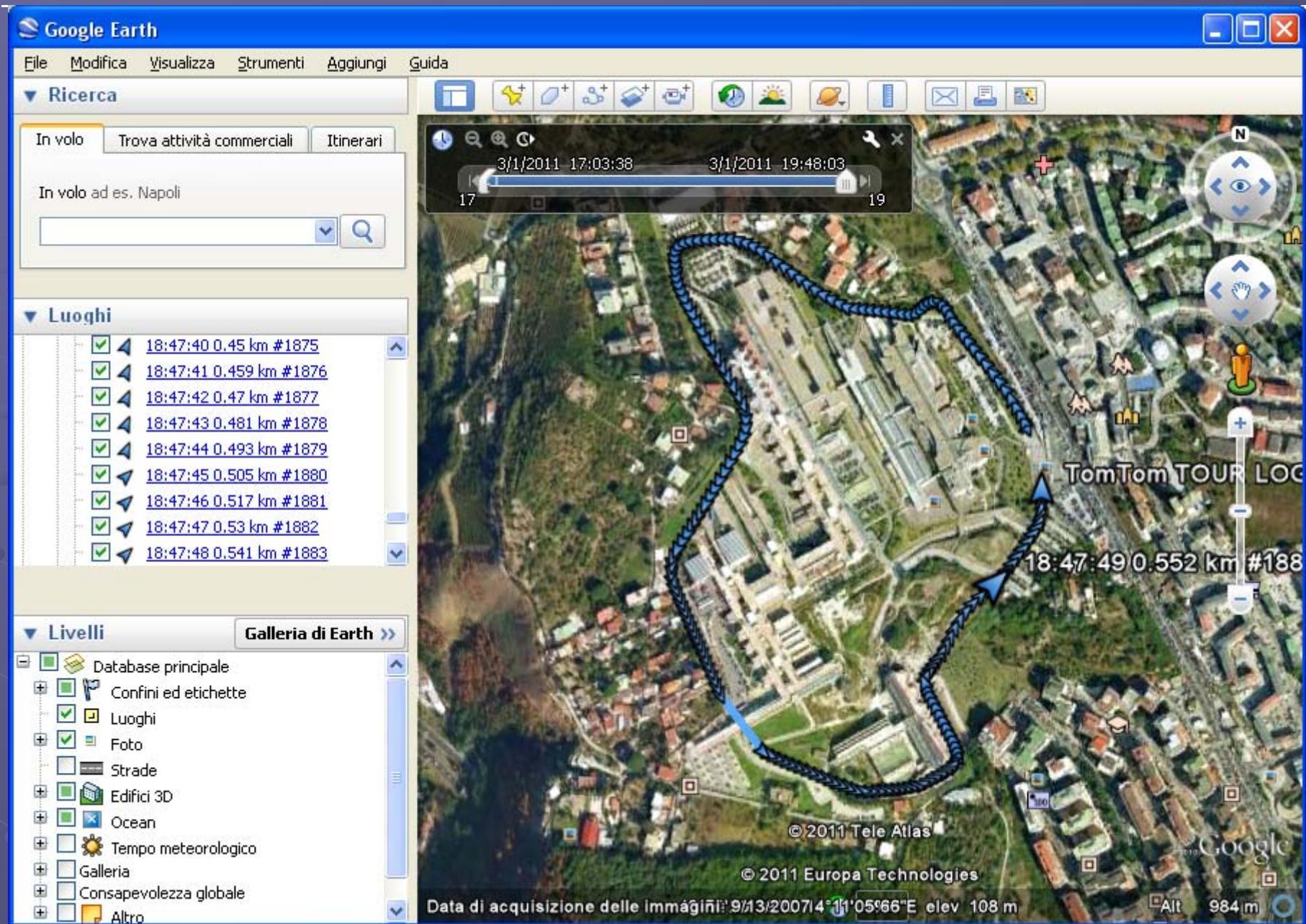


GPS Tracker



GPS Tracker





GPX

```
<gpx version='1.1' creator='TTTracklog V.1.13' .....>

<trk> <name>TomTom TOUR LOG 29.783 km (1551/1802)</name>
<number>0</number>
  <trkseg>
    <trkpt lat='40.83995687' lon='14.18720898'>
      <ele>93.3</ele>
      <time>2011-03-01T15:03:38Z</time>
      <name>16:03:38 28.574 km #1495 </name>
      <course>332.3</course>
      <speed>8.12822</speed>
      <pdop>1.9</pdop>
      <hdop>1.1</hdop>
      <vdop>1.6</vdop>
      <sat>8</sat>
    </trkpt>
    .....
  </trkseg>
</trk>
</gpx>
```

Riferimenti

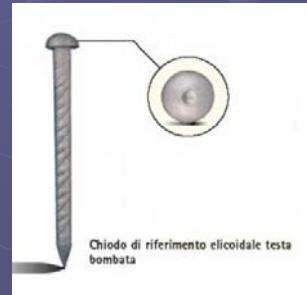


Via cintia
GPS = 40.841074, 14.186843

Vedi su Maps:
<http://bit.do/puntofiduciale>

Riferimenti

Punti di riferimento:



centrini topografici (punti fiduciali)



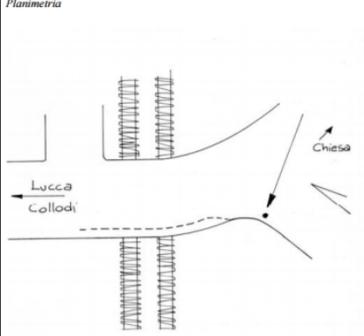
Riferimenti

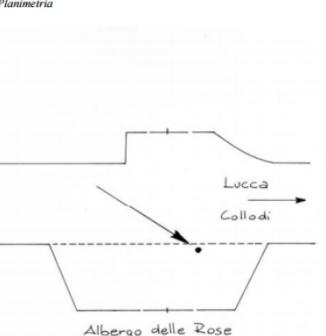


Riferimenti

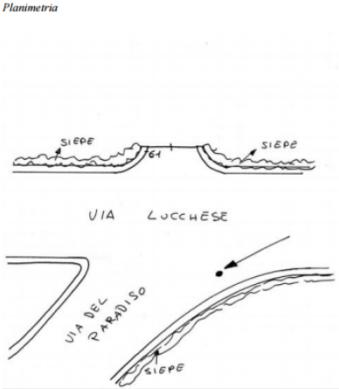
Categoria	Vertice di Poligonale
MARZO 2005	
Planimetria	
Fotografia	

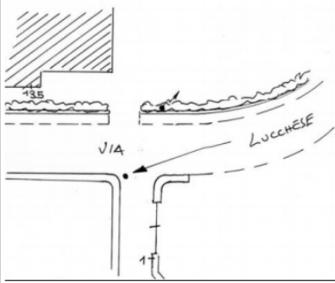
Riferimenti

Numero: 9		VERTICE 9			
Categoria	Vertice di Poligonale				
MARZO 2005					
Planimetria  Fotografia 					
Descrizione PLANIMETRIA DESCRIZIONE: Chiodo infisso a fine marciapiede del cavalcavia ferroviario nei pressi della chiesa		Elementi geodetici e topografici Coordinate Gauss-Boga N = 4860486.02 E = 1635120.83	Anno 2005		
ALTIMETRIA Piano di riferimento principale p.p. Sommità chiodo		Qslm = 53.33	2005		

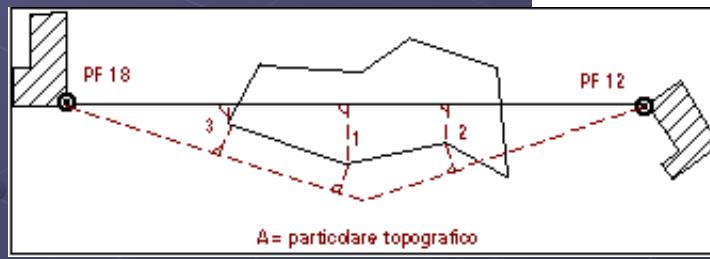
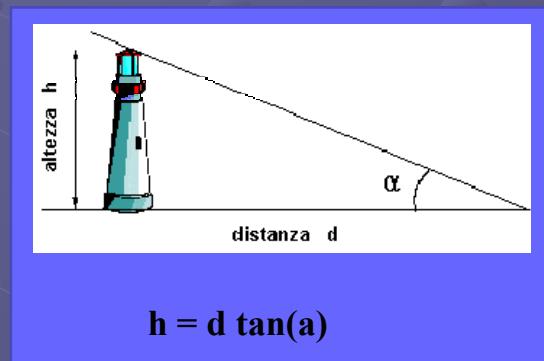
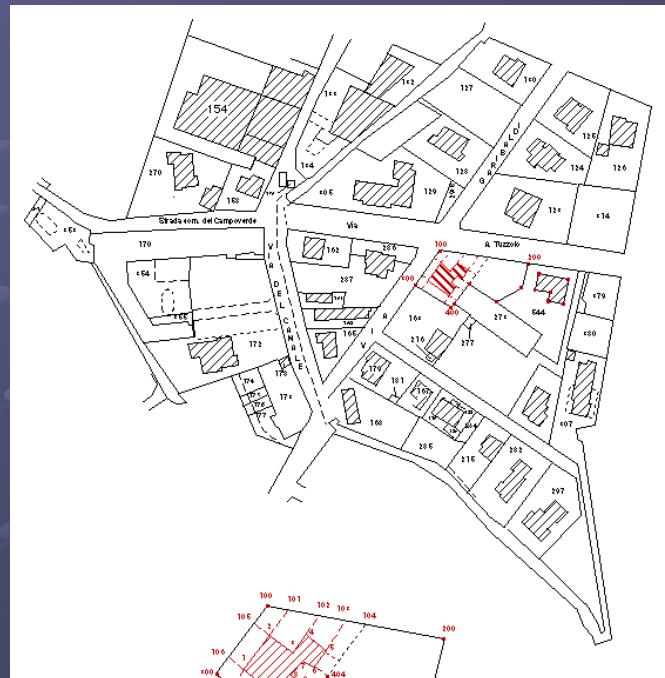
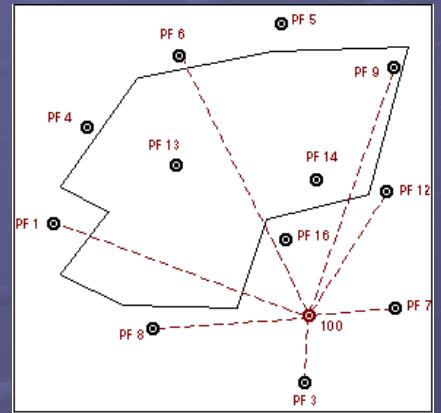
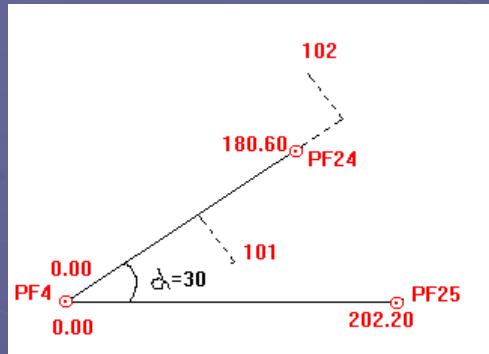
Numero: 10		VERTICE 10			
Categoria	Vertice di Poligonale				
MARZO 2005					
Planimetria  Fotografia 					
Descrizione PLANIMETRIA DESCRIZIONE: Chiodo infisso sull'asfalto all'ingresso principale dell'Albergo delle Rose"		Elementi geodetici e topografici Coordinate Gauss-Boga N = 4860553.58 E = 1635037.73	Anno 2005		
ALTIMETRIA Piano di riferimento principale p.p. Sommità chiodo		Qslm = 54.21	2005		

Riferimenti

Numero: 17		
CATEGORIA Vertice di Poligonale		
MARZO 2005		
Planimetria 		Fotografia 
Descrizione <u>PLANIMETRIA</u> : Chiodo infisso sull'asfalto nelle vicinanze del n.civ.61		Elementi geodetici e topografici <i>Coordinate Gauss-Boaga</i> N = 4860706.66 E = 1634598.37 Anno 2005
ALTIMETRIA <i>Piano di riferimento principale</i> <i>p.p. Sommità chiodo</i>		Qslm = 61.23 Anno 2005

Numero: 24		
CATEGORIA Vertice di Poligonale		
MARZO 2005		
Planimetria 		Fotografia 
Descrizione <u>PLANIMETRIA</u> : Chiodo infisso su asfalto nei pressi del n.civ. 1		Elementi geodetici e topografici <i>Coordinate Gauss-Boaga</i> N = 4861223.12 E = 1633754.84 Anno 2005
ALTIMETRIA <i>Piano di riferimento principale</i> <i>p.p. Sommità chiodo</i>		Qslm = 84.99 Anno 2005

Riferimenti



Riferimenti

Teodolite

è uno strumento ottico a cannocchiale per la misurazione degli angoli azimutali (cioè contenuti in un piano orizzontale) e zenitali (cioè contenuti in un piano verticale), usato per rilievi geodetici e topografici.



Riferimenti

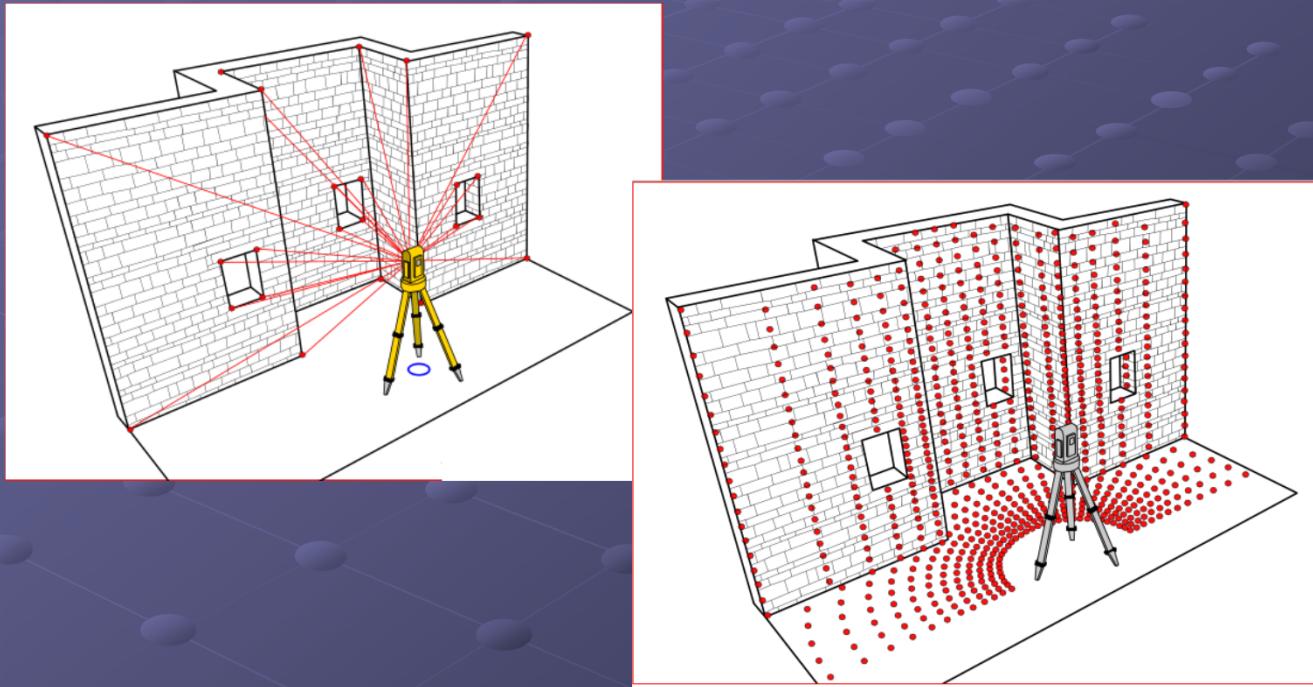
Stazione totale

Le nuove tecnologie hanno portato all'evoluzione del teodolite infatti ad oggi la **stazione totale** è lo strumento comunemente utilizzato per il rilievo indiretto. Sostanzialmente si differenzia dal tradizionale teodolite ottico-mecccanico per essere dotato di un distanziometro elettronico e di un computer per la memorizzazione e il calcolo dei dati. Consente di misurare angoli e distanze di una serie di punti e di determinarne la collocazione spaziale rispetto a un sistema di coordinate predefinito.

La stazione totale a differenza del GPS è uno strumento autonomo che non necessita della presenza di satelliti (ma risente delle condizioni atmosferiche come umidità e temperatura, che influiscono sull'indice di rifrazione aumentando l'errore medio),

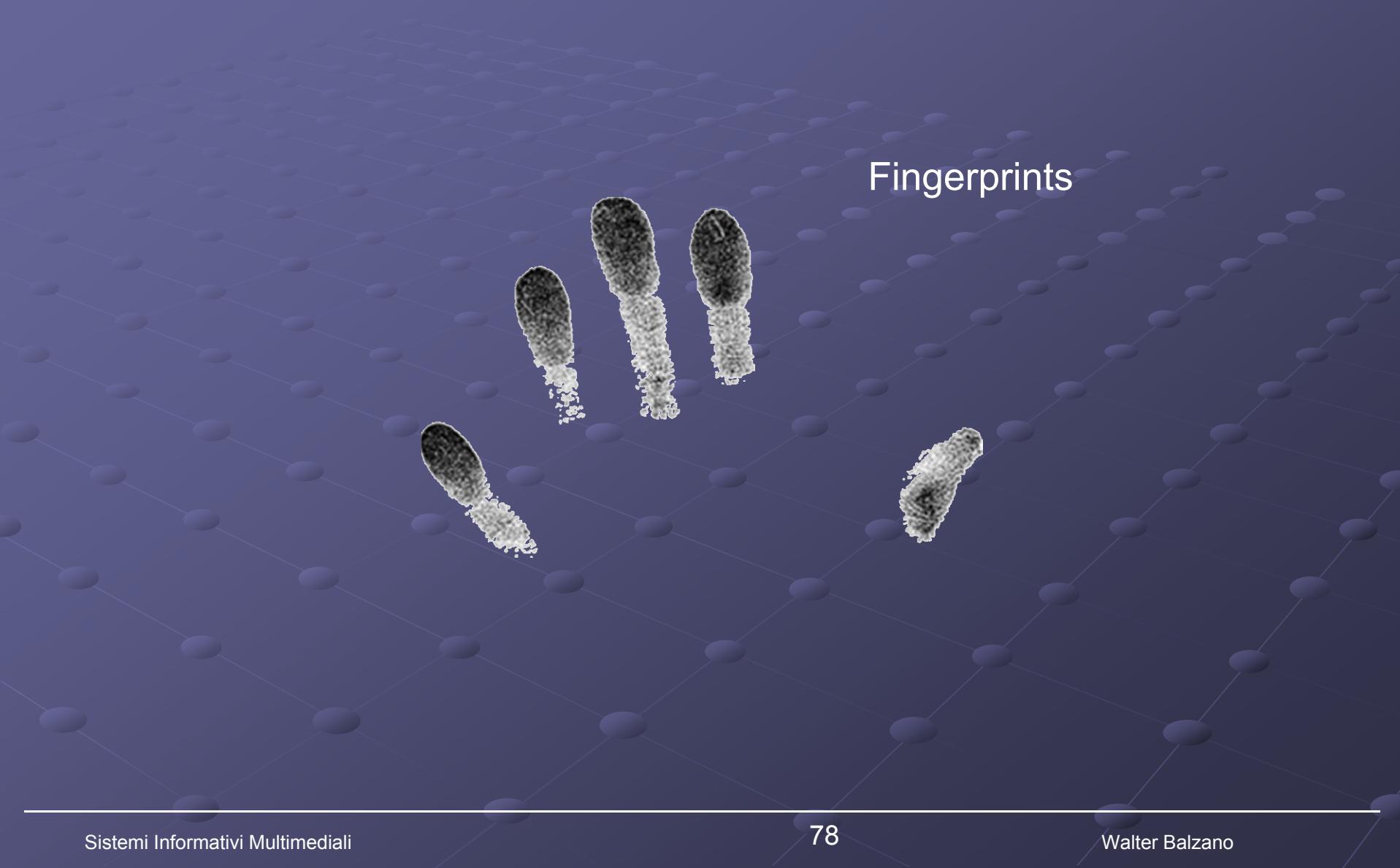


Riferimenti



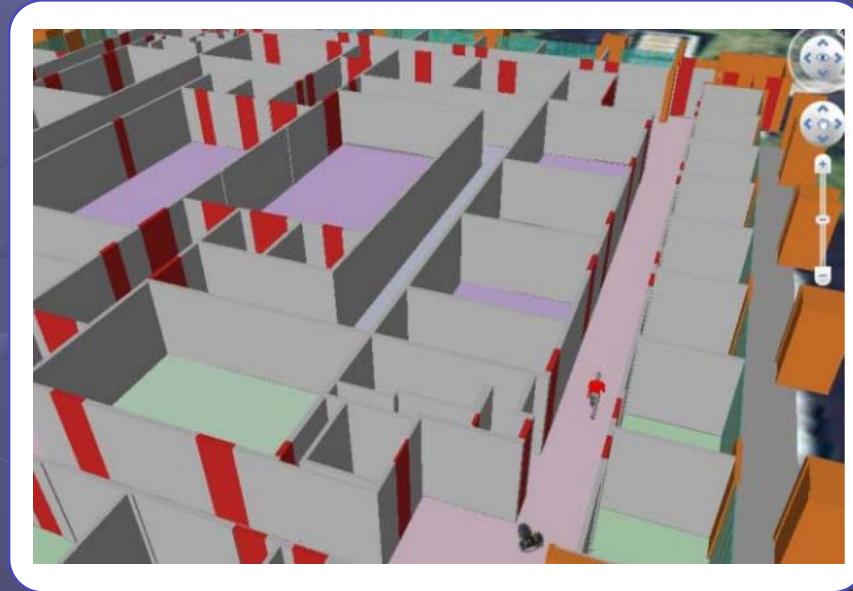
Altri metodi di localizzazione

Fingerprints



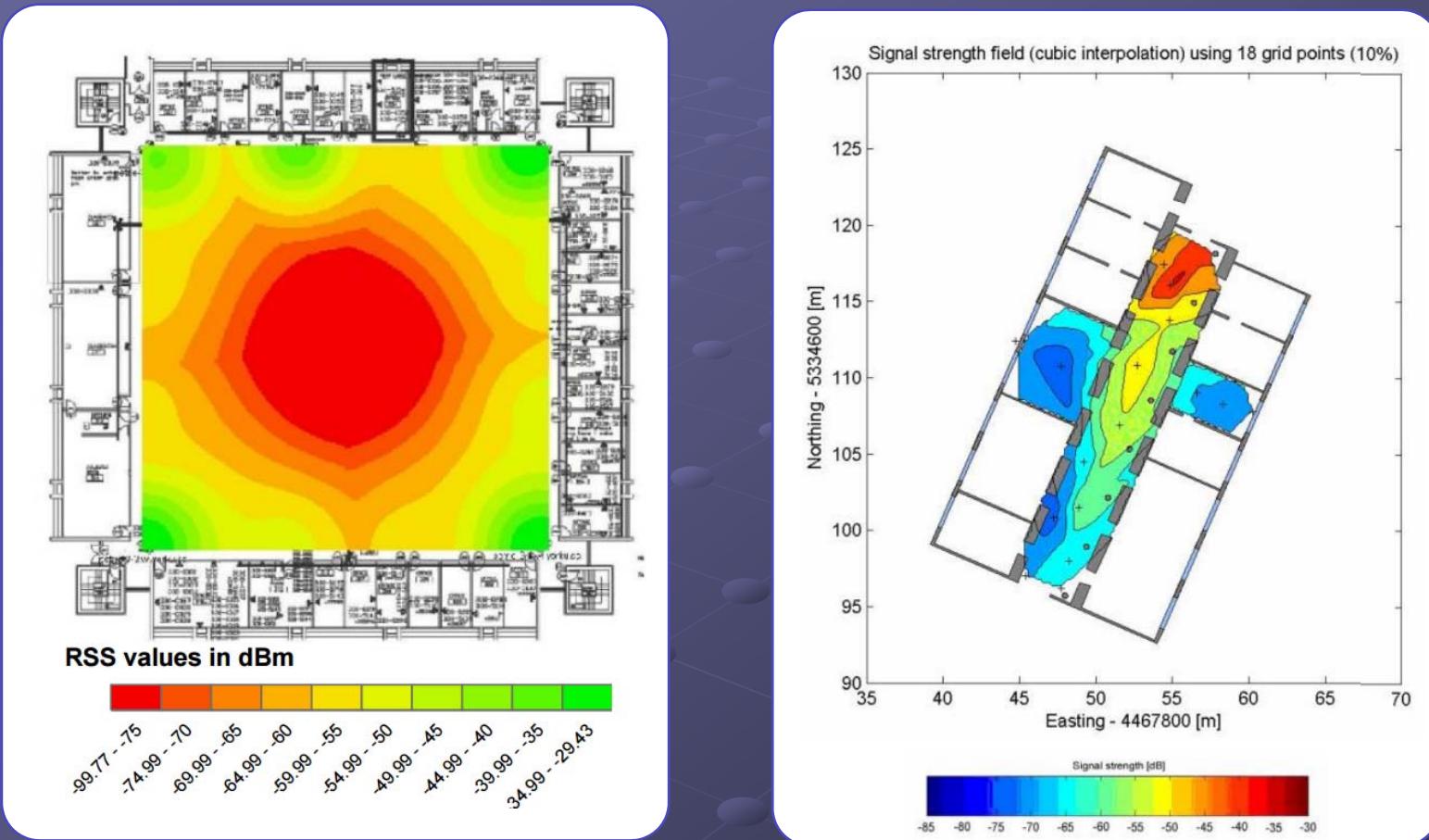
Indoor Localization

INDOOR LOCALIZATION USING WI-FI BASED FINGERPRINTING AND TRILATERATION TECHNIQUES FOR LBS APPLICATIONS



Indoor 3D models can be a useful aid for visualizing real-time dynamic information such as tracking a moving person

RadioMappe



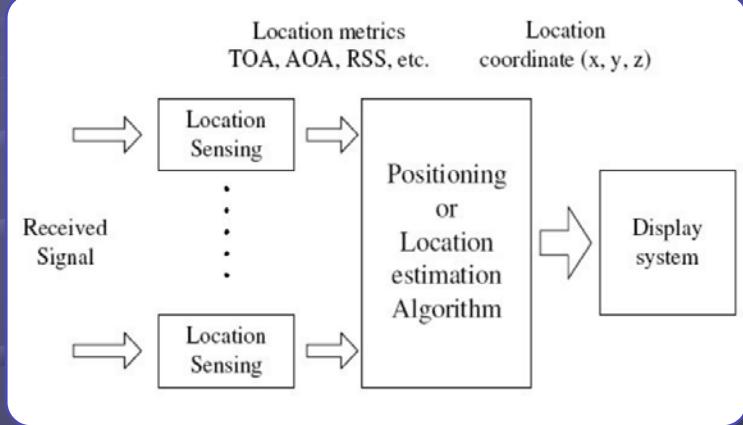
Received Signal Strength (**RSS**) radio map for corridors on 3rd floor of Petrie Science and Engineering Building at York University

Radio Map

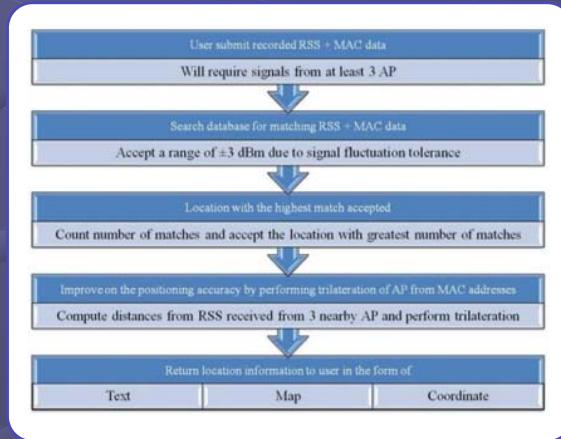
Misure...

MAC	Avg RSS
00:40:96:A1:0D:3A	-33.15
00:40:96:A1:0C:B1	-56.62
00:40:96:A1:0C:AD	-59.69
00:02:8A:9E:4F:31	-62.77
00:40:96:A1:0D:08	-64.77
00:40:96:A1:0D:45	-66
00:40:96:A1:0D:7C	-67
00:09:B7:7B:9F:60	-86
00:40:96:A1:0C:A3	-86

List of signal strengths (dBm) measured at one unknown location from user



Block Diagram of a localization system



Sequential flowchart presenting the logic of the system

Triangolazioni...

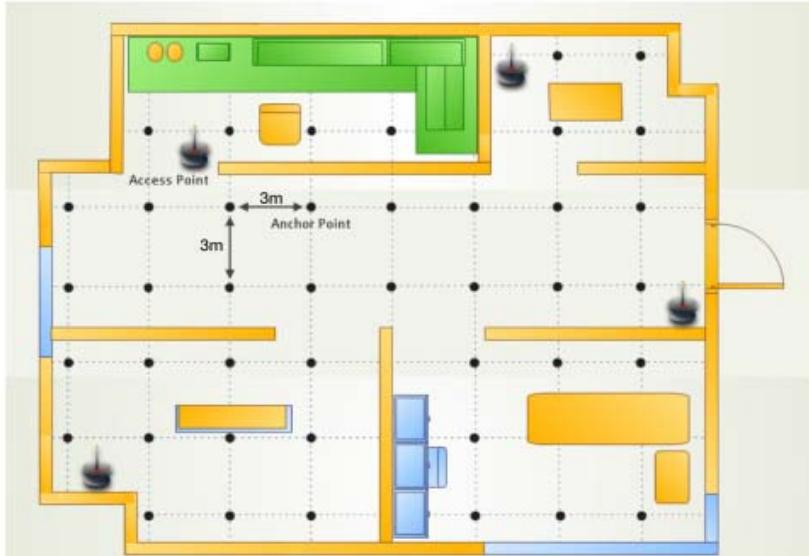


Figure 2. Indoor positioning based on RF fingerprinting.

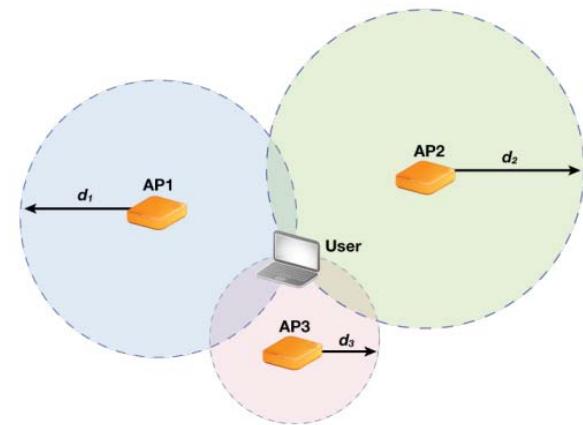
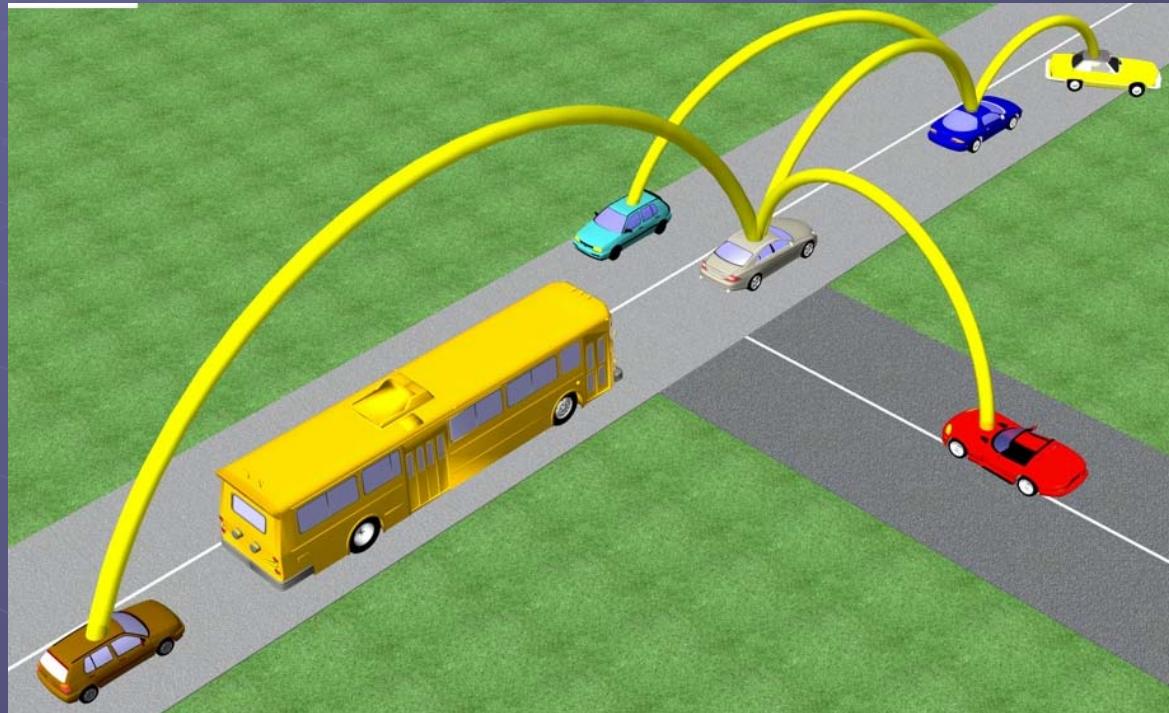
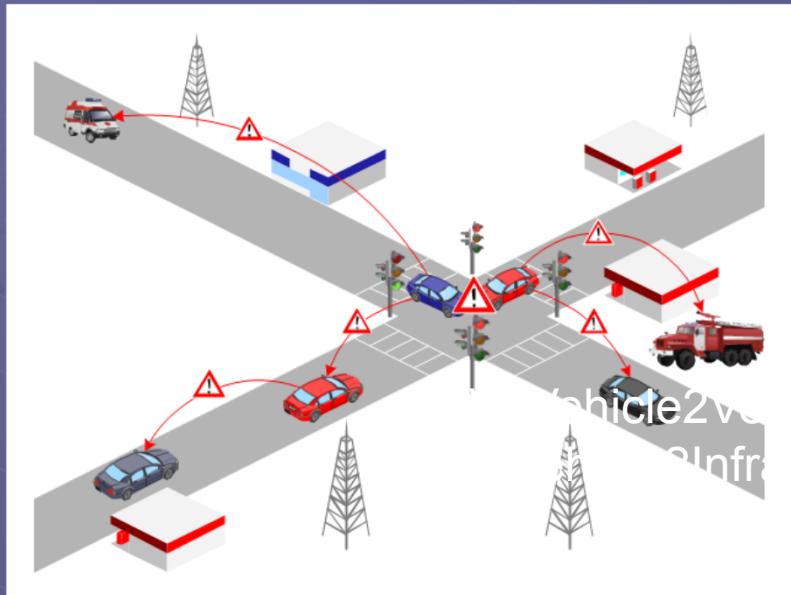


Figure 1. Positioning a device/user by means of trilateration.

car2car



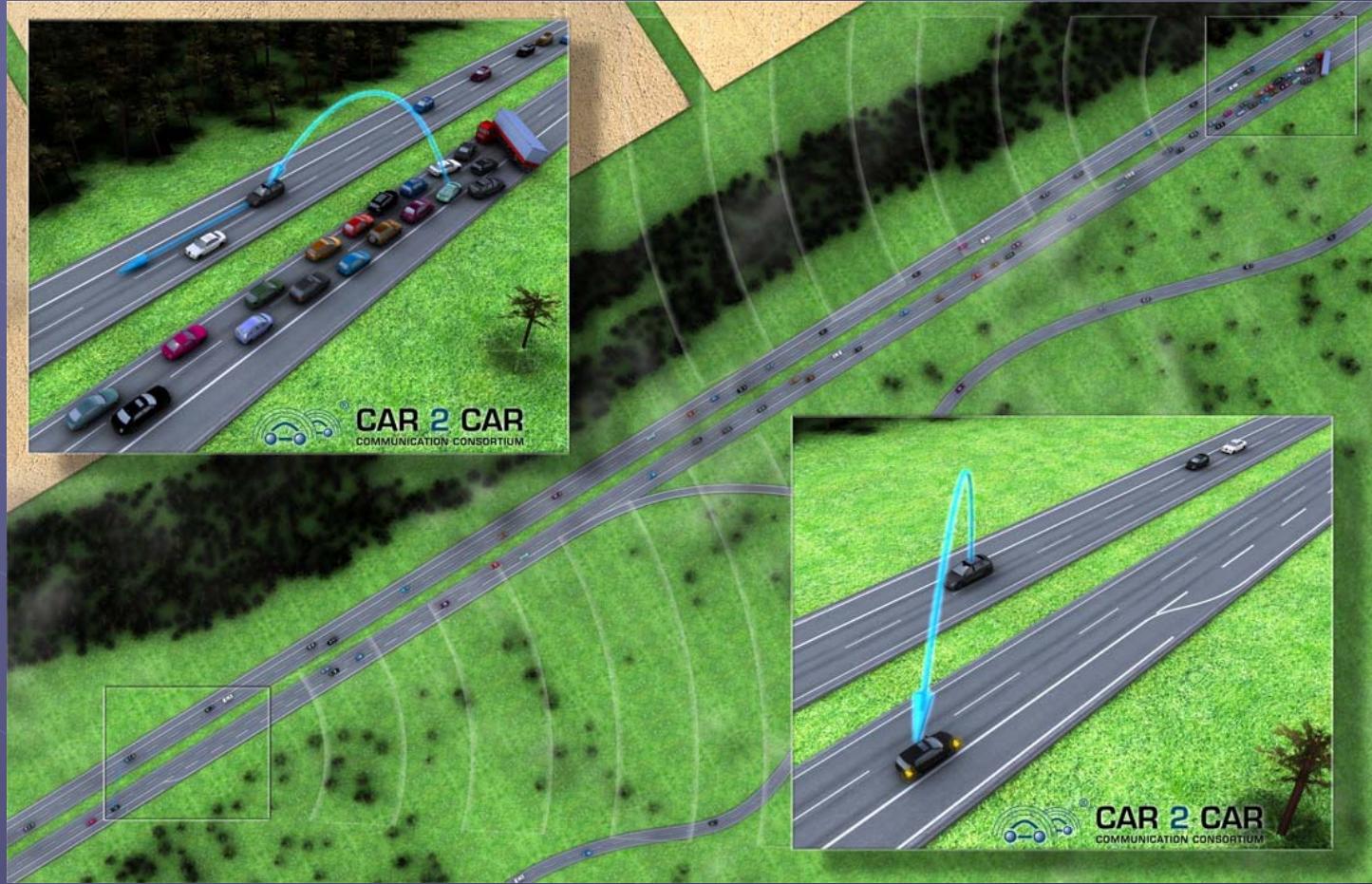
Car2Car



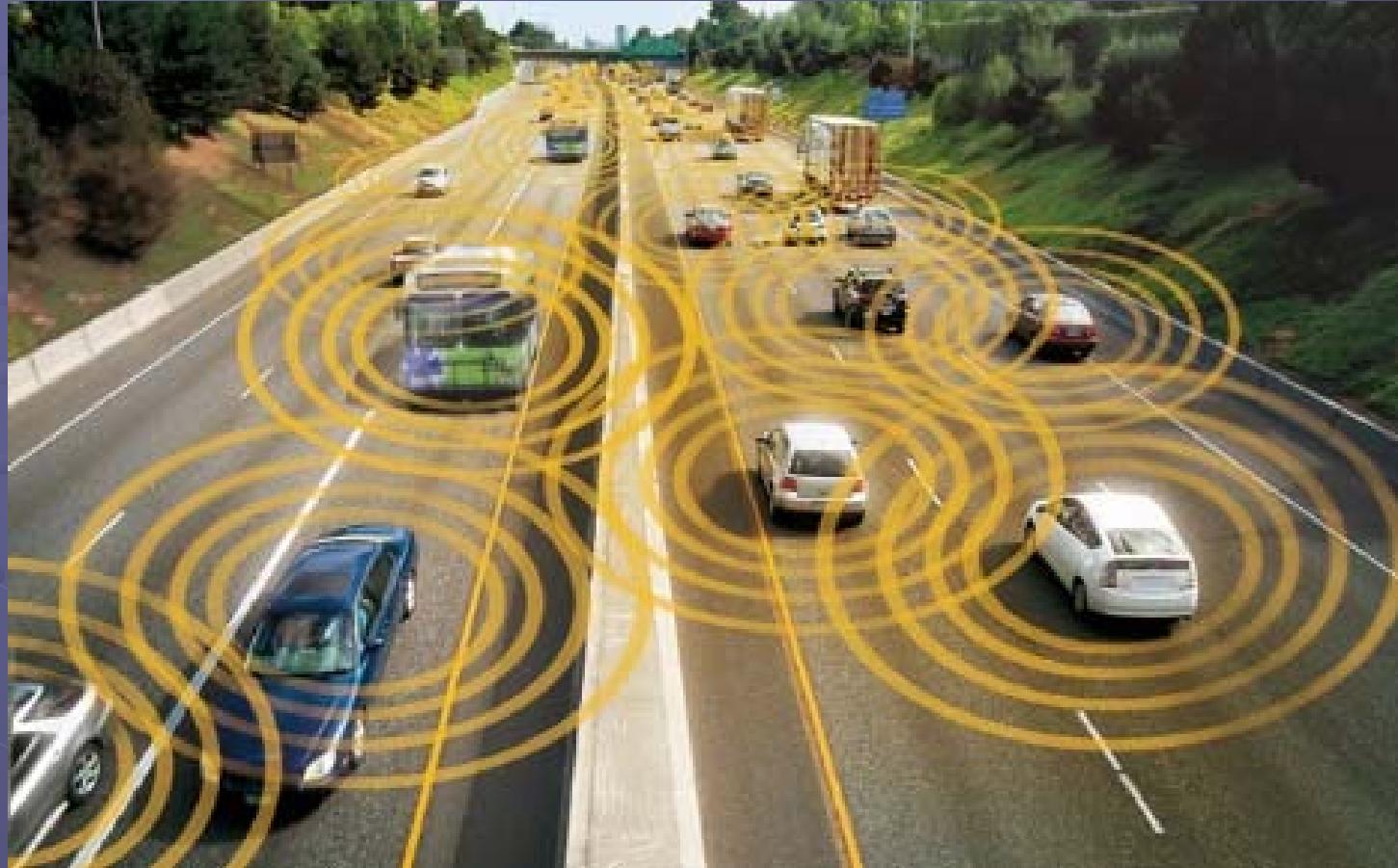
V2V! Vehicle2Vehicle
V2I! Vehicle2Infrastructure



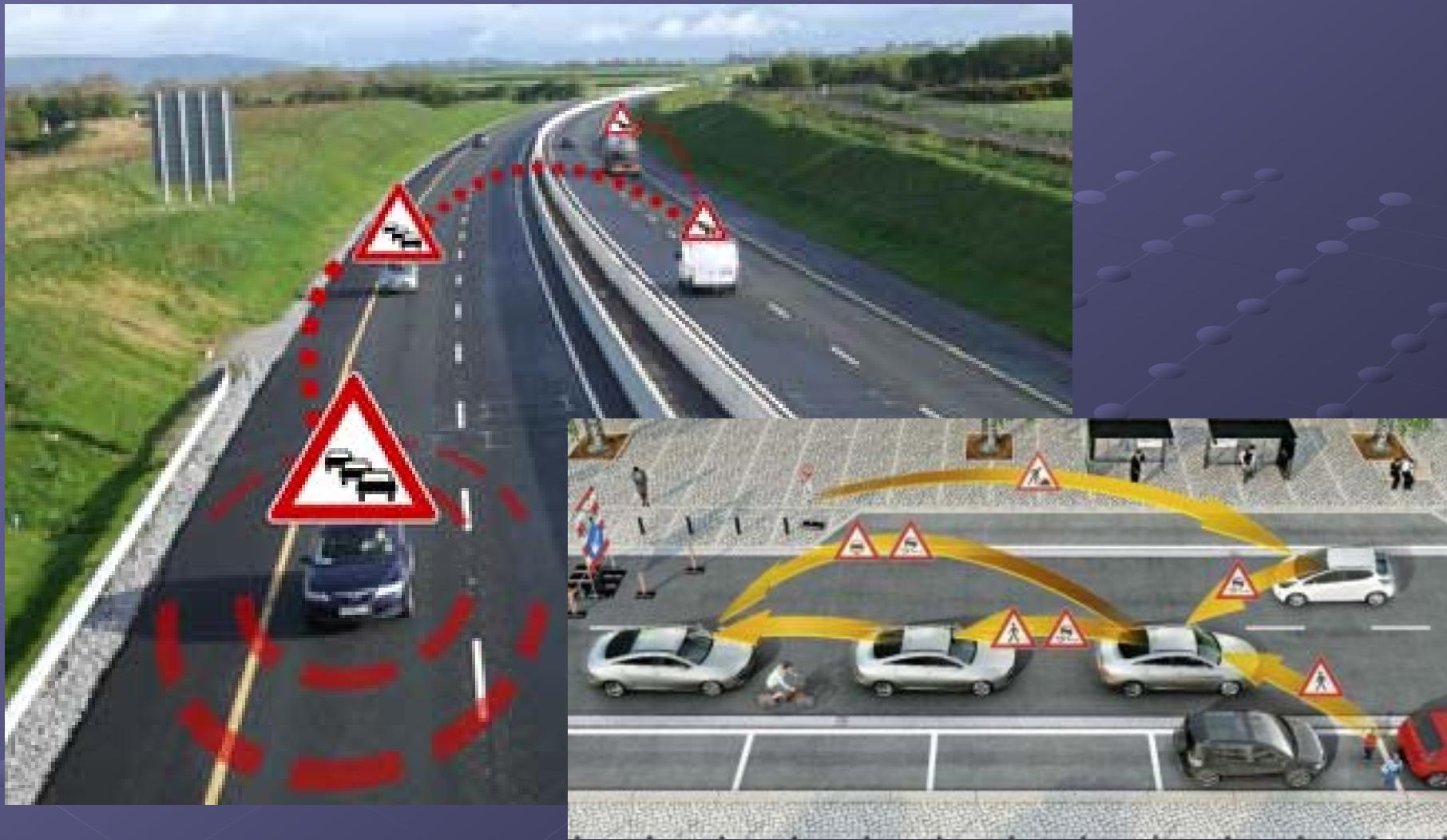
Car2Car



Car2Car

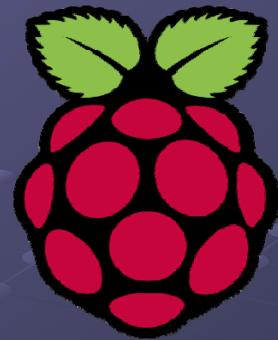
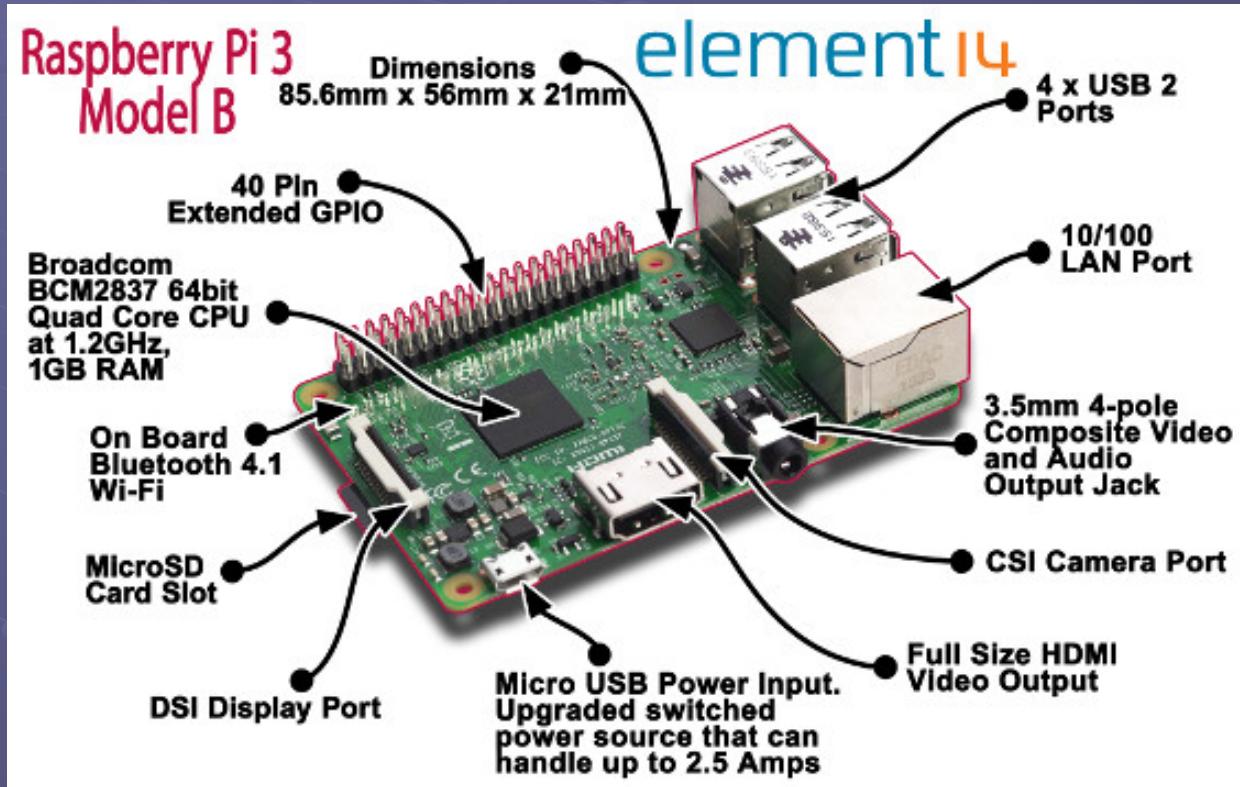


Car2Car

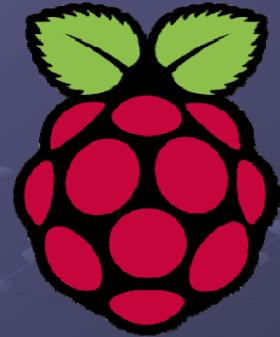


Aspetti sperimentali Progetti

Raspberry Pi 3

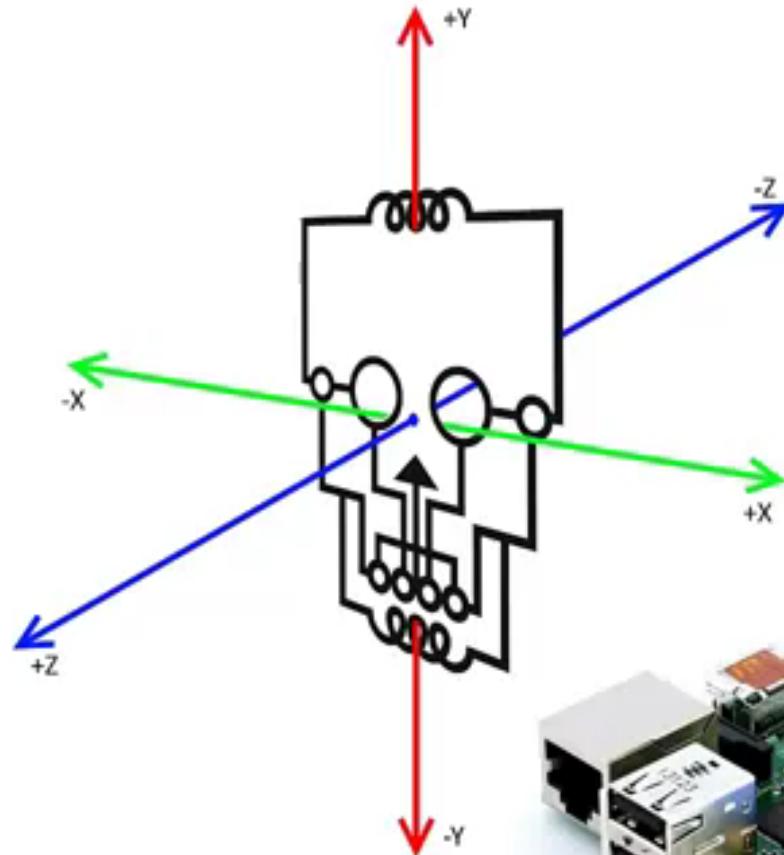
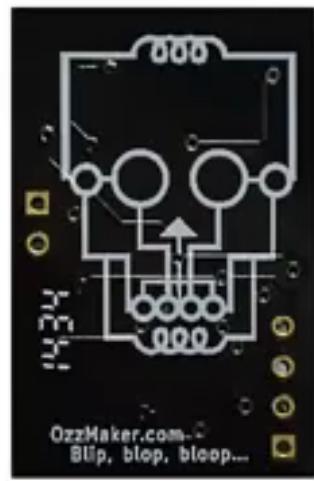


Raspberry PI zero

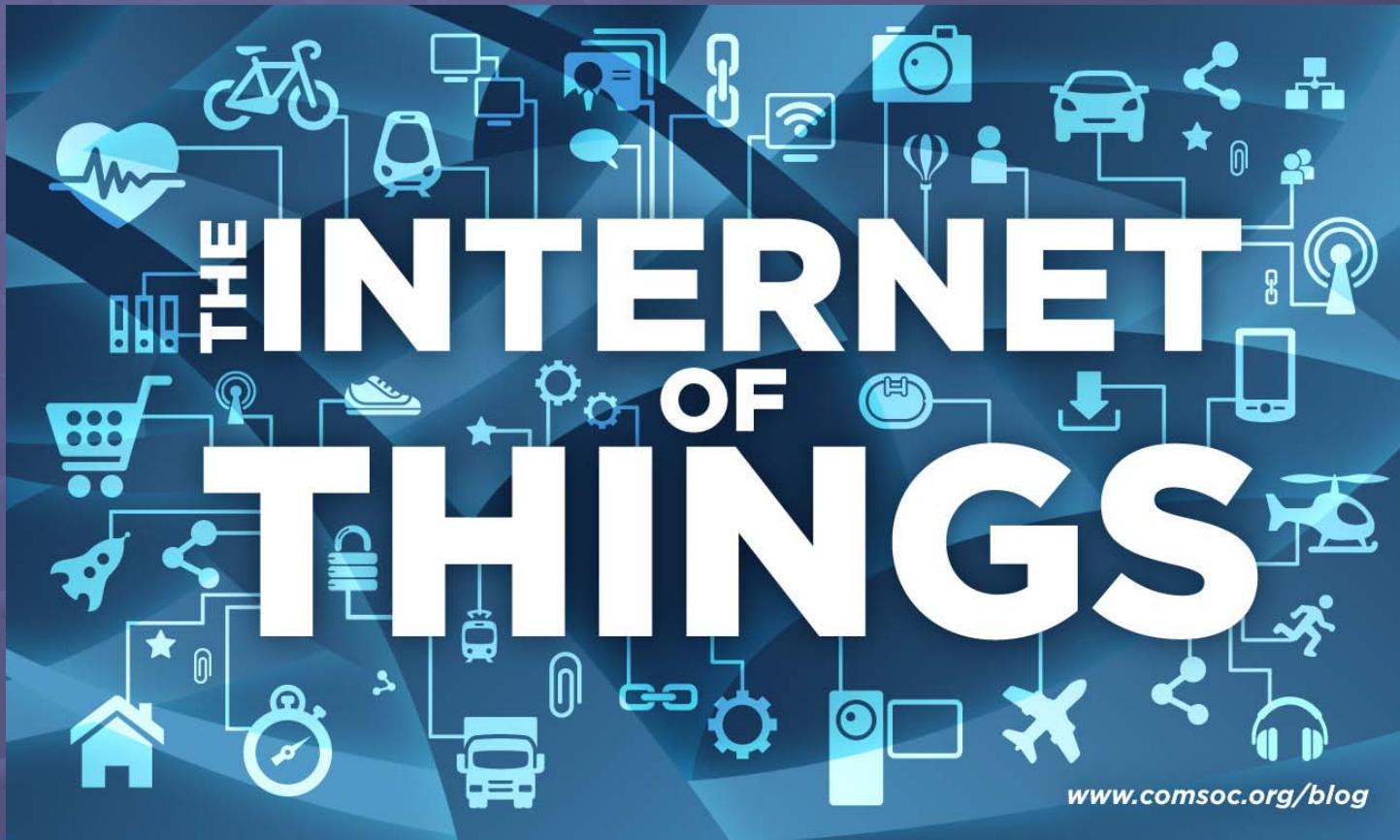


imu inertial measurement unit

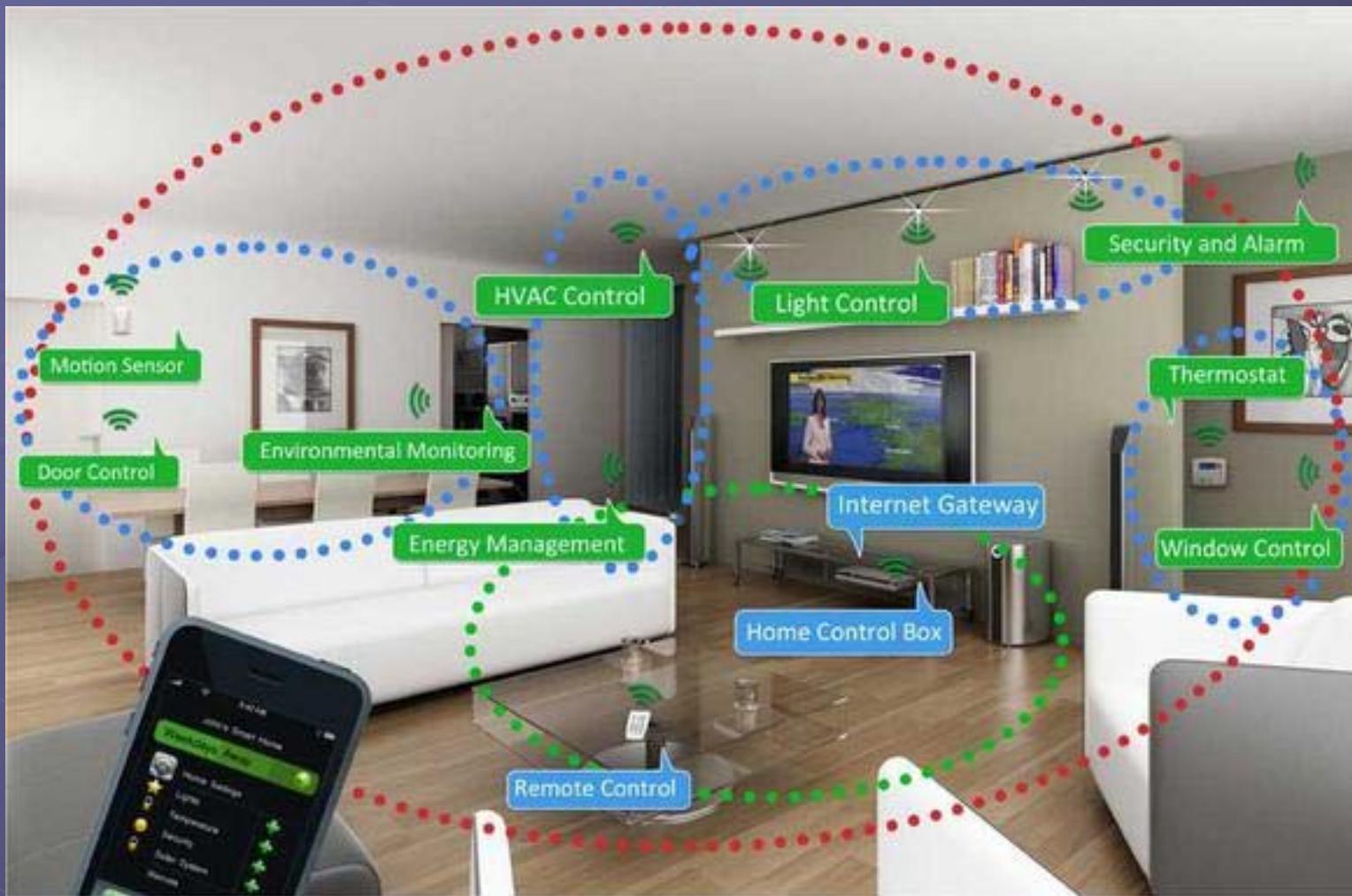
BerryIMU



IoT



IoT



IoT

