

Posicionament indoor basat en camp magnètic per a un hospital

Projecte Final de Màster

10 de gener de 2017

Director del treball: Dr. Antoni Pérez Navarro

Realització del treball: Fabián Vilar García

UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Índex de continguts

1 Títol.....	3
2 Autors.....	3
3 Resum.....	3
4 Introducció.....	3
5 Estat de l'art.....	4
5.1 Sistemes amb tecnologies de radiofreqüència.....	5
5.2 Sistemes inercials.....	5
5.3 Sistemes basats en el camp magnètic terrestre.....	6
5.4 Altres sistemes.....	6
5.5 Estimació de la posició.....	6
6 Metodologia.....	8
6.1 Captura de dades.....	8
6.2 Recorreguts.....	9
6.3 Disseny d'experiments.....	10
7 Experiments.....	10
7.1 Mesura del camp magnètic.....	10
7.2 Comparació de dispositius.....	11
7.3 Acceleròmetre.....	12
7.4 Detecció de rotacions.....	13
7.5 Millora de les dades.....	14
7.6 Anàlisi de recorreguts.....	15
7.7 Dynamic Time Warping.....	18
7.8 Localització amb DTW.....	19

8 Conclusions.....	20
9 Programari Lliure.....	20
10 Sigles.....	21
11 Bibliografia.....	22

1 Títol

Posicionament *indoor* basat en camp magnètic per a un hospital

2 Autors

Director del treball: Dr. Antoni Pérez Navarro

Realització del treball: Fabián Vilar García

3 Resum

Els sistemes de posicionament global (GPS, GLOSNASS,...), que funcionen amb molta precisió en espais oberts, es degraden ràpidament en espais tancats, on el senyal de *ràdio* que emeten els satèl·lits no arriba amb prou qualitat. Això ha obligat a cercar alternatives no dependents d'aquest sistemes, i fer ús d'altres tecnologies com poden ser WIFI, *bluetooth*, ultrasons o camps magnètics. És aquest últim el que tractem en aquest treball. Es fonamenta en que les estructures del edificis distorsionen el camp magnètic terrestre, creant patrons que es poden mesurar i utilitzar com a referència en el càlcul de la posició, utilitzant dispositius tipus *smartphone*, que disposen de sensors magnètics.

4 Introducció

Dins la operativa normal d'un hospital, una aplicació que faciliti la orientació i localització a les seves instal·lacions pot ser molt útil. Es pot, per exemple, crear una aplicació que faciliti la localització de personal sanitari més a prop d'una situació urgent o integrar un sistema en una aplicació de geolocalització per a guiar un usuari cap a un servei situat en una porta concreta d'una zona del hospital.

L' Hospital Parc Taulí de Sabadell no disposa d'una infraestructura *wireless* suficient que permeti l'ús d'aquesta tecnologia per a posicionament *indoor* , aspecte que fa el posicionament magnètic atractiu, ja que aquest no requereix cap inversió en equipament addicional com poden ser *access points*, balises, etc., per a el seu funcionament, perquè utilitza elements ja existents al mateix edifici: estructures metàl·liques, formigó, canonades i qualsevol objecte que distorsioni el camp magnètic natural.

Fora de l'àrea Sanitària, els possibles camps d'aplicació d'aquest sistema son molt variats: guiat de robots o vehicles AVG, localització d'equips de emergència a l'interior d'edificis, grans superfícies, turisme, etc. Es pot integrar amb altres sistemes *indoor* com a complement per millorar la precisió i cobertura en aquests tipus de posicionament, que no és el cas per aquest projecte.

5 Estat de l'art

La demanda d'aplicacions de geolocalització, tant de tipus *outdoor* com de *indoor*, ha experimentat un augment al darrers temps. Aquest augment ha vingut donat principalment per la proliferació de dispositius mòbils equipats amb diferents receptors i sensors. La primera, *outdoor*, es basa principalment en l'ús de xarxes de satèl·lits GNS com GPS o GLONASS, i de forma secundària, en la utilització de la infraestructura GSM / GPRS de la telefonia mòbil. La segona, *indoor*, requereix referències locals amb les quals poder calcular la posició relativa de l'objecte respecte d'aquestes. Degut a la ineficàcia, dins d'edificis, dels sistemes basats en satèl·lits, cal proveir aquestes referències mitjançant altres mecanismes. S'han proposat sistemes, basats en diferents tecnologies, que faciliten la presa de dades de l'entorn, per a el seu posterior processament i producció d'informació útil per a posicionament. Hi han propostes que utilitzen Bluetooth, ultrasons, infrarojos, RFID, WiFi, visió, UWB, sensors magnètics o sensors inercials. Alguns d'aquest sistemes requereixen la existència d'elements, amb la corresponent tecnologia, pel seu funcionament. Altres tipus de sistemes no requereixen cap instal·lació o presència d'equipament extra dins els llocs on es

vol realitzar el posicionament. Exemples d'aquest últims són els sistemes inercials o els basats en camp magnètic.

Algunes d'aquestes tecnologies estan presents als *smartphones*, la qual permet dissenyar aplicacions que s'adaptin amb més o menys eficàcia per resoldre el problema, depenent de l'entorn on s'apliquen, i si aquest compta amb la infraestructura necessària o característiques arquitectòniques adequades. A [1] [4] es mostra una descripció comparativa dels sistemes més utilitzats.

Acotant el camp d'estudi als sistemes basats en l'ús d'*smartphones*, a [15] es fa una classificació dels sistemes de posicionament *indoor* en tres grups: sistemes amb tecnologies sense fils, sistemes de posicionament inercial (INS) i sistemes basats en camp magnètic.

Seguidament farem un repàs de les principals tecnologies proposades, i de les tècniques utilitzades per estimar la posició, centrant-nos més en l'anomenat *fingerprinting*.

5.1 Sistemes amb tecnologies de radiofreqüència.

Els sistemes basats en tecnologies sense fils requereixen la presència de xarxes WLAN, d'equipament Bluetooth, o detectors RFID. En el primer cas utilitzen els Accés Points (AP) de les xarxes WLAN existents com a punts de referència. Els sistemes amb Bluetooth funcionen amb balises que, instal·lades de forma estratègica, proporcionen punts de referència locals. Els sistemes RFID són molt molt costosos, ja que requereixen de maquinari molt específic. Altre sistema basat en *radiofreqüència* és Ultra Wide Band (UWB) [1]. Utilitza freqüències diferents a les assignades a xarxes wifi. És més robust front a interferències, menys atenuació a través de materials i menys afectat pel *multipath* present en altres freqüències.

5.2 Sistemes inercials.

Fen ús de sensors inercials, com els acceleròmetres o giroscopis, es poden obtenir dades d'un objecte en moviment. Aquestes dades són generades per les variacions que es produeixen en els sensors a conseqüència dels passos, canvis de sentit o girs, i amb les quals, coneixent prèviament la posició inicial del objecte, es pot estimar la velocitat i posició d'un objecte en moviment. Aquesta tècnica s'anomena Dead Reckoning (DR). [5]

No requereixen cap inversió en material. Es poden implementar en dispositius tipus *smartphone*, ja que aquest disposen de sensor inercials.

5.3 Sistemes basats en el camp magnètic terrestre.

La idea d'utilitzar el camp magnètic per posicionar un objecte dins d'un edifici es basa en la distorsió que produeix la presència d'element metàl·lics en l'estructura o dins l'edifici sobre el camp magnètic terrestre. Bigues, columnes, o mobles metàl·lics, amb la suficient dimensió, poden distorsionar el camp amb la suficient magnitud a per ser detectada per sensors magnètics.

El treball [3] mostra com varia el camp magnètic en la proximitat d'aquests elements. També mostra que aquest valors es mantenen estables en el temps. Les proves fetes a [2], amb quatre models d'*smartphones*, dotats de sensor amb diferents sensibilitats, mostren similitud en les lectures. Utilitzant el mòdul de les components (x,y, z) del valor del camp magnètic es redueix la dependència de la posició del sensor respecte del pla. Altres propostes fan ús del giroscopi i del acceleròmetre per contrarestar aquesta dependència [19].

De la mateixa manera que el sistemes inercials, no requereixen de cap instal·lació extra i són de fàcil implementació en *smartphones* i altres dispositius mòbils, que normalment disposen de sensors magnètics.

5.4 Altres sistemes.

Com s'ha comentat abans, hi han altres tecnologies que requereixen de equipament dedicat i són, en general, per a usos més específics,. Infrarojos, Ultrasons, Visió, etc. A [1] [4] es detallen aspectes d'alguns d'aquest sistemes i les tècniques de posicionament que més s'utilitzen.

5.5 Estimació de la posició.

En el cas de les tecnologies basades en WiFi i Bluetooth, l'atribut més utilitzat per realitzar una estimació és *Received Signal Strength Indication* (RSSI), valor de fàcil obtenció, ja que aquest ve donat pel mateix hardware, la qual cosa redueix els càlculs posteriors. En el cas de sistemes basats en *Bluetooth* també s'utilitza la localització per proximitat, on es considera que la posició de l'objecte és la del dispositiu que te més a prop, si l'objecte és dins el rang de cobertura. [21]

Altres atributs també utilitzats són *Time of Arrival* (TOA) i *Angle of Arrival* (AOA). El primer es basa en la relació directa que hi ha entre el temps de propagació d'un senyal i la distància entre l'emissor i el receptor. AOA es basa en l'angle que formen dos o més emissor coneguts i el receptor. Un altre atribut que també és fa servir és *Time Difference Of Arrival* (TDOA), que és TOA quan s'utilitza en combinació amb la recepció de senyals amb velocitat diferent, per exemple RF en combinació amb ultrasons. [4][16][17]

Als sistemes sense fils, per calcular la posició, s'utilitzen els valors dels atributs abans esmentats. En el cas de RSSI, aquest varia segons la distància als AP dins el rang i amb triangulació es pot fer una estimació de la posició. També s'utilitza triangulació en sistemes que fan ús de l'atribut AOA.

Degut a les propietats de les ones electromagnètiques, els sistemes basats en RF es veuen afectats per la presència de parets i altres objectes o persones, que dificulten o alteren la propagació directa entre emissor i receptor, anomenada *Line Of Sight* (LOS), o efectes multi-trajecte per l'arribada al receptor del senyal per dos o més camins diferents. [13][16] [17]

Una tècnica que redueix aquestes problemes és el *fingerprinting*. Aquesta consta de dos fases. La primera s'anomena *offline* en la qual es capturen mostres de la zona d'interès dels valors RSSI en cas de utilitzar tecnologia RF, o de valors del camp magnètic si els sensors utilitzats són per a aquesta tecnologia.

Hi han propostes per automatitzar la fase de recollida de valors, mitjançant vehicles robot o de forma manual pedestre. La primera permet fer un mapa amb punts equidistants. A la segona es pot millorar aquest aspecte fent ús de l'algorisme *Dynamic Time Warp* (DTW).

Una vegada obtinguts s'analitzen per trobar patrons estables, *features*, i identificar-los amb posicions en el mapa. Després, en la fase *online*, es comparen les mostres en temps real amb les obtingudes abans per posicionar l'objecte en el mapa. Aquesta estimació es pot fer de manera estàtica o dinàmica. [2][3][7][10][18]

Un dels algorismes utilitzats en estimació estàtica de la posició és el *k-Nearest Neighbours* (KNN), o variacions d'aquest, en el qual el valor obtingut durant la lectura es compara amb els *k* valors més pròxims obtinguts en la fase *offline*. [7]

En estimació dinàmica de la posició s'afegeix com a paràmetre de càlcul informació de posicions anteriors a la actual. Això es pot fer utilitzant un filtre de partícules (PF), filtre bayesià (BF), el filtre de Kalman (KF) o la seva extensió per a empremtes (KFK). [5][9]

Aquest tipus de filtres s'utilitzen també amb DR. Utilitzats junt amb tècniques *Zero Velocity Update* (ZUPT) o *Zero Angular Rate* (ZARU) milloren els resultats de la navegació amb DR. [5]

Altra proposta és tractar el problema com un Model Ocult de Markov (HMM). Funciona de forma semblant a KF però utilitza una matriu de probabilitats de transicions d'estat, que permet modelar obstacles, com murs, envans, etc, que es valoren com a transicions amb probabilitat zero. Altres propostes utilitzen HMM l'algorisme de Viterbi correlant la informació dels sensors amb el moviment de l'usuari. [14][19]

Propostes més senzilles utilitzen el perfil magnètic d'una zona recorreguda en una dimensió per identificar-la posteriorment amb aquest perfil. [3]

6 Metodologia

6.1 Captura de dades

Per a la recollida de mostres del camp magnètic s'ha fet ús de l'aplicació per Android *GetSensorData*. Aquesta realitza lectures de tots els sensors disponibles al dispositiu on es troba instal·lada, i les emmagatzema en format CSV. S'han utilitzat tres models diferents d'*smartphone*: Samsung Galaxy A3, Samsung Galaxy A5 i Nexus 5.

Model	Sensors
Samsung Galaxy A3	Acceleròmetre, Compàs, Sensor Hall
Samsung Galaxy A5	Acceleròmetre, Compàs, Sensor Hall
Nexus 5	Acceleròmetre, Giroscopi, Compàs, Baròmetre, Detector de passos, Comptador de passos

Taula 1

6.2 Recorreguts

Les mostres s'han recollit realitzant recorreguts entre diferents punts de l'hospital, de forma continua, per tant, els únics punts de referència són l'inicial i el final de cada recorregut. Cada recorregut s'ha repetit per tots tres dispositius utilitzats.



Fig 1

Per calcular la longitud dels recorreguts entre els llocs marcats, s'ha utilitzat la fórmula de la distància entre dos punts en el pla. És útil per analitzar els trams recorreguts en línia recta, sense girs.

$$A(x_1, y_1) \quad B(x_2, y_2)$$

$$d(A, B) = \sqrt{((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2)}$$

Aplicant la fórmula a tots els trams obtenim els valors reflectits a la següent taula:

Punt inicial	Punt final	Distància geomètrica
1	2	44,5740203301
2	1	44,5740203301
1	3	9,0779179822
1	4	20,9249373289
3	4	13,9961232035
1	5	53,7229323777
5	1	53,7229323777
4	2	43,6786531892
1	6	43,7186558862
4	6	21,1250981396
1	7	71,4819424697
4	7	50,5819172887
6	1	43,7186558862
7	1	71,4819424697
1	8	89,9215706972
1	9	62,1509746789
7	8	19,0658472212
7	9	17,9314416328

Taula 2

En color blau, es marquen els trams que han estat recorreguts en línia recta, de més fàcil tractament, ja que no incorporen girs que dificulten la seva anàlisi.

6.3 Disseny d'experiments

S'han dissenyat un conjunt d'scripts, per a Scilab, per tractar les dades recollides amb els diferents dispositius i poder analitzar els resultats.

7 Experiments

7.1 Mesura del camp magnètic

El magnetòmetre proporciona valors de les components (x,y,z) de la intensitat de camp magnètic. Aquests valors canvien de signe segons l'orientació del sensor a l'espai. Per reduir aquesta dependència s'utilitza el mòdul d'aquestes components, que sempre conserva el signe positiu. La seva fórmula és:

$$M = \sqrt{mx^2 + my^2 + mz^2}$$

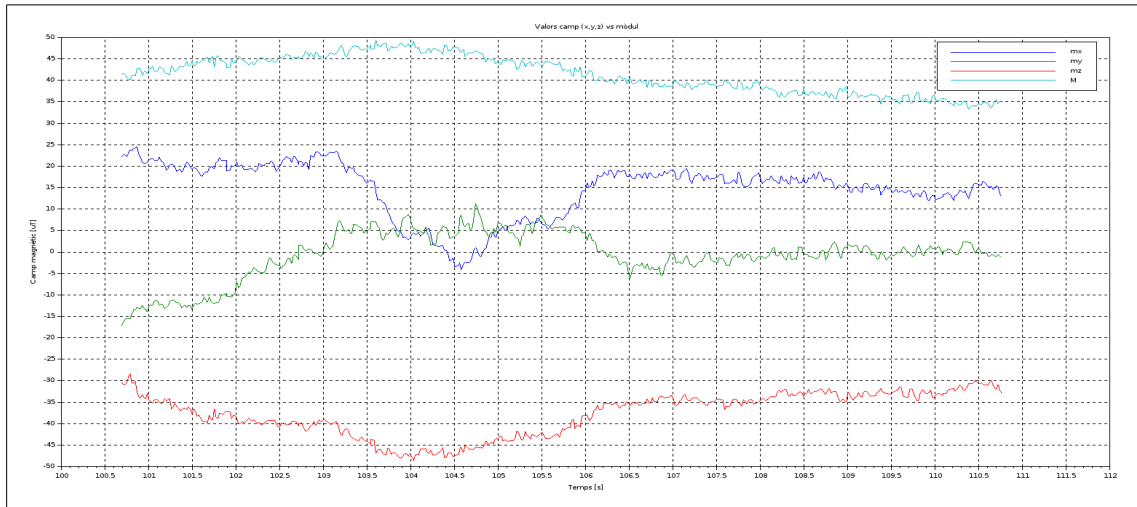


Fig. 2

7.2 Comparació de dispositius

Es fa una comparació dels valor proporcionats pel magnetòmetre dels diferents dispositius per a un mateix recorregut. Es tria el tram P1-P2.

Dispositiu	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard
A3	23.713497	26.592955	7.508902
Nexus 5	37.950136	38.421416	4.3052786
A5	25.352362	28.733979	8.2873106

Taula 3

Es dedueix que els Samsung presenten valor més baixos però més variació davant un camp magnètic.

7.3 Acceleròmetre

Per a identificar els trams dins els recorreguts podem recolzar-nos en les dades proporcionades per l'acceleròmetre. Amb aquestes es pot estimar el moment d'inici i aturada d'un tram, observant a quins punts de la seqüència de dades varia de forma notable l'acceleració, i associar-lo a la seqüència de valors del camp magnètic. El gràfic següent mostra la variaels tres eixos de la direcció de l'acceleració, el que millors valors proporciona és el que hi ha a sobre del Z. Si el dispositiu està orientat de forma correcta, aquest eix mostra valors més alts a causa de la suma de l'acceleració de la gravetat terrestre.

Mesurant la variació que es produeix per l'efecte del passos de la persona que porta el dispositiu. Al gràfic següent es mostra una seqüència de temps amb els valors de l'acceleració als tres eixos de coordenades. En aquest s'observa l'inici del desplaçament, al voltant del segon 25, i l'aturada, al voltant del segon 60.

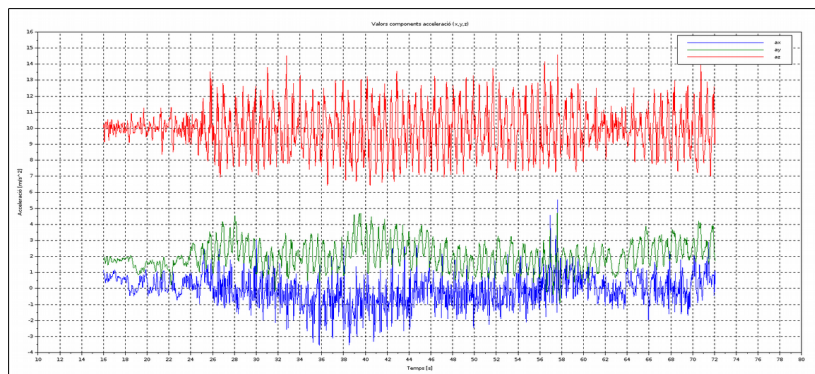


Fig. 3

Es pot comprovar, amb dades estadístiques, que l'eix Z és més sensible al moviment de desplaçament, si aquest es realitza de forma pedestre.

Eix	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard
X	- 0.2698416	- 0.32561	1.0044966
Y	2.0777469	2.04944	0.9073295
Z	9.9013014	9.86411	1.4979614

Taula 4

Associar aquestes variacions a una posició concreta d'un recorregut ens pot ser útil per posicionar màxims del camp magnètic al llarg d'un recorregut a la fase *offline*. Fent un anàlisi espectral dels valors de l'acceleròmetre podem estimar la freqüència dels passos i la seva estabilitat. Per això es pot fer ús de la Transformada Ràpida de Fourier (FFT). Al gràfic següent es pot observar que en la porció de tram triat la freqüència principal és de 1.7 ~ 1.8 passos / segon.

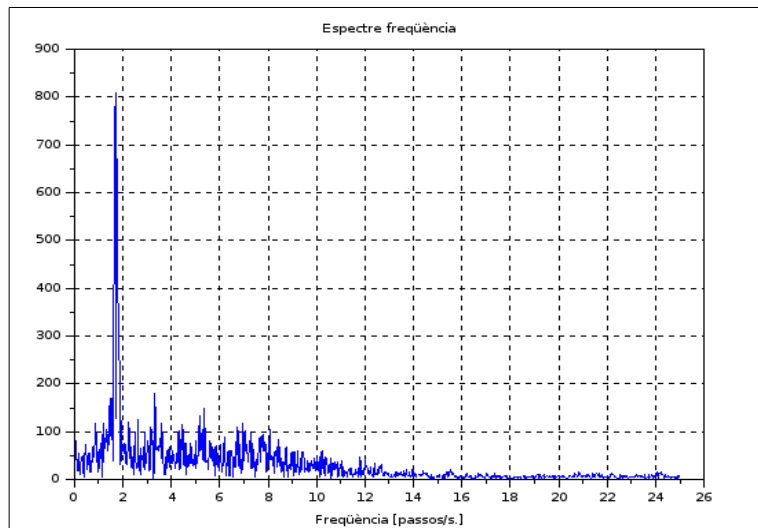


Fig. 4

7.4 Detecció de rotacions

El giroscopi, si es troba present al dispositiu, també pot proporcionar informació útil per a identificar trams dins el recorregut, sobretot quan existeixen girs a causa de l'arquitectura pròpia de l'edifici. Al següent gràfic, els pics amb valors alts, positius o negatius, indiquen una rotació del dispositiu al voltant de l'eix Z cap a una banda o l'altre.

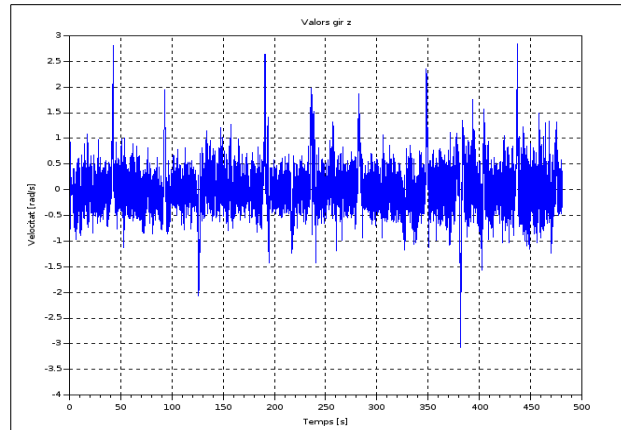


Fig. 5

7.5 Millora de les dades

Observant els gràfics podem observar la presència de soroll dins els valors del camp magnètic. L'origen d'aquest soroll és divers i pot ser per la presència de petits objectes metàl·lics al llarg del recorregut, fonts electromagnètiques, el mateix dispositiu, o ser inherent al mateix sensor. Per eliminar aquest soroll podem aplicar un filtre passabaix (LPF) als valors mesurats del camp magnètic. Això eliminarà els pics irrellevants i pot facilitar la identificació dels màxims dels valors obtinguts, que correspondran amb la presència de punts de referència, o *landmarks*.

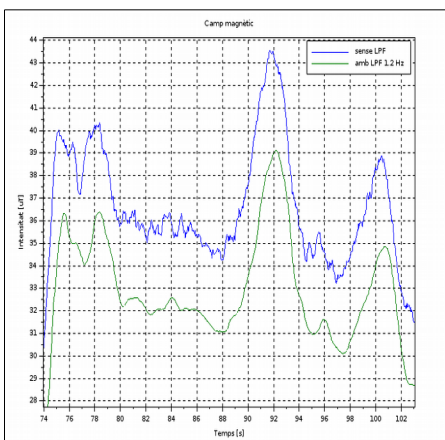


Fig. 6a

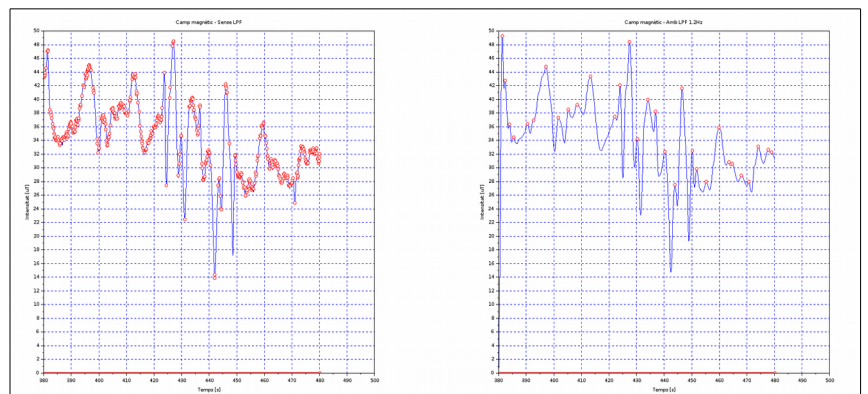


Fig. 6b

Aquest filtre també pot ser aplicable a les dades subministrades per l'acceleròmetre. Si es necessita comptar passos per estimar la posició d'un landmark, el filtratge elimina pics no desitjats, deguts a rebots o altres moviments.

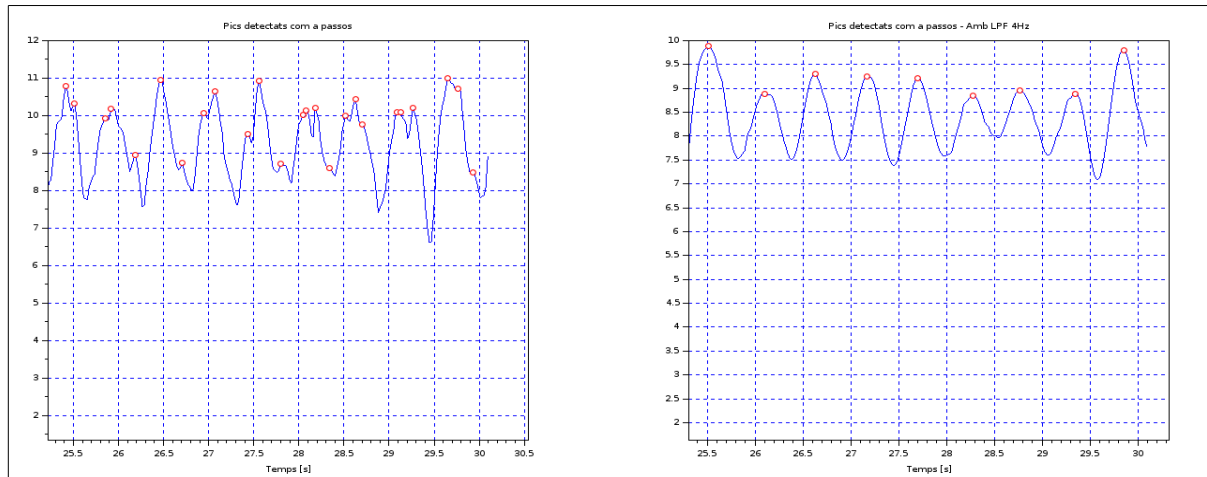


Fig. 7

Els filtres passabaixos introdueixen una atenuació sobre els valors originals, que cal tenir en compte segons l'ús posterior que es fa amb les dades resultants.

7.6 Anàlisi de recorreguts

Per identificar trams dins del recorregut utilitzarem les dades proporcionades per un dispositiu el més complet possible. En aquest cas, un Nexus 5, que, a part dels sensors magnètics i l'acceleròmetre, disposa també de giroscopi.

El recorregut té una duració de 480 segons. Per identificar quins valors del camp magnètic pertanyen a un tram concret, cal fer ús dels valors proporcionats pel acceleròmetre i pel giroscopi. Això es pot fer analitzant els valors de la seqüència on l'acceleració baixa o es mostren pics alts al giroscopi.

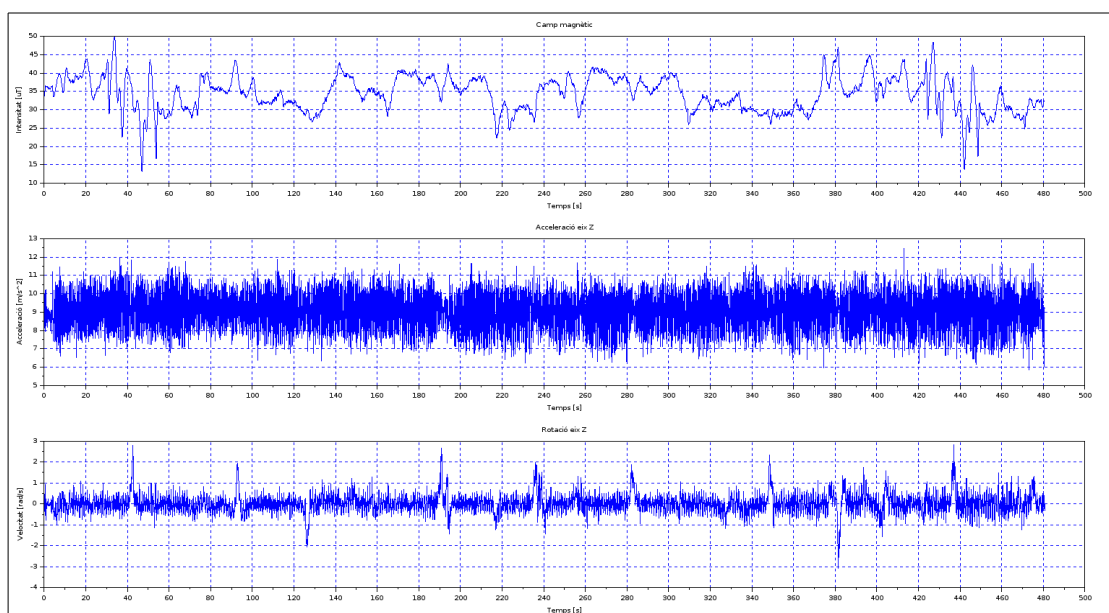


Fig. 8

S'han escollit els dos trams de més fàcil anàlisi d'entre els disponibles per que al ser recorreguts, des d'un punt a l'altre, en línia recta. La distància entre punts es pren de la taula 1. L'interval de la resta de trams es pot deduir amb la mateixa tècnica. En alguns cal tenir en compte el girs, ja que el recorreguts no son rectes i no son aplicables de forma directa els valors de la Taula1 a la longitud del tram.

	p1-p2 (1)	p2-p1
Longitud (m)	44.5	44.5
Temps de recorregut (s)	37	32
Interval de temps (s,s)	(6, 43)	(46, 78)
N.º passos	78	71
Amplada estimada pas	0.57	0.62

Taula 5

Variació del camp magnètic al llarg del recorregut:

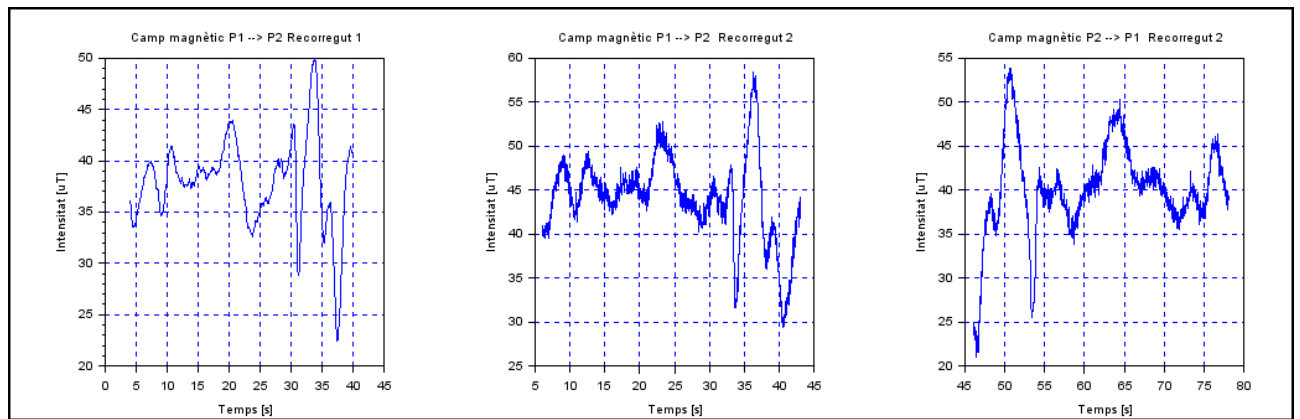


Fig. 9

Recorregut	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard
P1-P2 (1)	24.448175	16.5	10.489917
P1-P2 (2)	30.109474	7.052305	5.1797602
P2-P1 (2)	35.819737	12.23602	12.742109

Taula 6

S'observa molta variabilitat entre totes tres mostres. Les del segon recorregut mostren més soroll.

Al següent mapa de colors es pot observar la variació del camp magnètic al llarg del recorregut realitzat amb els tres models de dispositiu utilitzats. Es pot comprovar que el patró de variació de la intensitat del camp magnètic és semblant a tots tres dispositius i varia de forma molt aproximada al mateix punt del recorregut. S'han utilitzat valors no normalitzats



Fig. 10^a

Samsung A3



Nexus 5



Samsung A5



Fig 10b

Als recorregut, no hi ha referències per associar un valor concret del camp amb una posició concreta del tram. Amb les dades de l'acceleròmetre podem dividir aquest tram en els passos realitzats per completar-ho, i associar el valor del camp mesurat al pas on s'ha realitzat aquesta mesura. Com que coneixem la longitud del tram i la quantitat de passos realitzat per recórrer-ho, es pot deduir la amplada mitja del pas i, per tant, a quina distància es troba

7.7 Dynamic Time Warping

Durant el procés de localització amb *fingerprinting* magnètic, és necessari comparar les mostres obtingudes durant el recorregut a la fase *online* amb les ja obtingudes prèviament per a la construcció del mapa magnètic, a la fase *offline*. Aquest dos processos es fan en condicions diferents, amb dispositius amb característiques tècniques diferents. Diferències a la velocitat del desplaçament, estabilitat d'aquesta o freqüència de mostreig fan que el patró de l'empremta magnètica no coincideixi amb l'esperat a una posició del recorregut. L'algoritme *Dynamic Time Warping* (DTW) és útil per resoldre aquesta situació. Aquest comprimeix o expandeix l'eix de temps per intentar fer coincidir la seqüència de valors de dues mostres. La seva funció minimitza la distància, cost, entre el punts a a alinear :

$$D = \sum_{n=1}^N \delta(w(n))$$

on $\delta(w(n)) = (i(n) - j(n))^2$ és el quadrat de la distància entre els mateixos punts i, j de les dues seqüències.

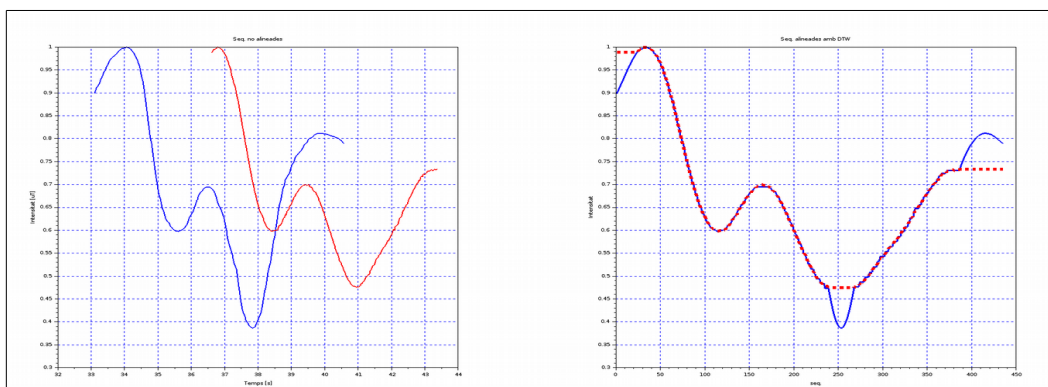


Fig 11

7.8 Localització amb DTW

Es pot comparar una mostra de valors amb altres mostres previament recollides i calcular el per a cada finestra seleccionada. La mostra amb cost menor cost petit cost es la que més probabilitat té de ser a la mateixa posició del recorregut.

Comparem una mostra agafada dins un recorregut amb una seqüència més gran d'aquest mateix recorregut i a la qual pertany la mostra. Després es torna a repetir l'experiment però amb la mostra agafada d'altre recorregut:

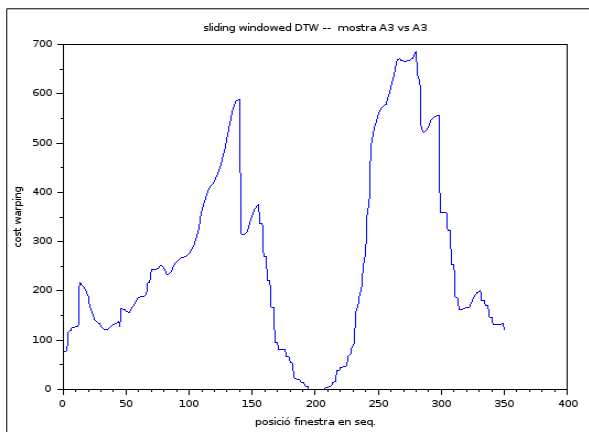


Fig 12a

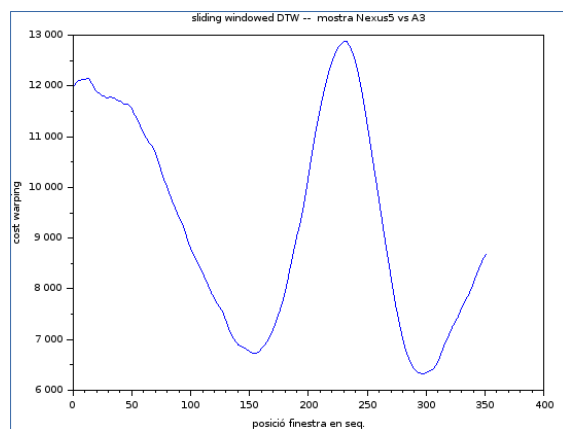


Fig. 12b

La finestra utilitzada és de 50 samples. Els cost mínim trobat per a cada cas és el següent:

Distància (A3 – A3) = 0; (Aquest cost és esperat, ja que conté la mateixa mostra.)

Distància (Nexus5 – A3) = 6319. (Posició més probable)

Realitzar la cerca de forma exhaustiva, com s'ha fet, és computacionalment molt costós. Es pot disposar d'un conjunt de mostres, de amplada petita, d'empremtes de recorreguts i comparar la mostra presa amb aquestes, seleccionat-les de forma aleatòria fin trobar la de funció de cost més petita.

8 Conclusions

Utilitzar el mòdul de les components del camp magnètic en lloc de aquestes facilita la caracterització del camp magnètic, ja que conserva sempre valors positius.

Els valors recollits d'un recorregut amb diferents dispositius difereix de forma notable però mantenen el patró de la empremta.

Els valors proporcionats pels giroscopi i acceleròmetre ajuden a identificar trams a la fase *offline*.

El filtrat del senyal amb LPF millora l'anàlisi i ús de les dades, al reduir el nivell dels valors no desitjats.

Amb l'ús de LPF també es pot millorar la qualitat de la seqüència de valors proporcionats per l'acceleròmetre, eliminant de les mesures de l'acceleració els valors dels moviments secundaris, de més alta freqüència, per facilitar el comptatge de passos.

L'algoritme DTW permet comparar patrons semblants entre mostres amb distribució temporal diferent i facilita la localització d'empremtes

9 Programari Lliure

Per realitzar aquest treball s'ha utilitzat programari lliure, tant per la elaboració dels documents, les eines d'anàlisi i el sistema operatiu on s'ha executat. També s'han utilitzats script publicats sota llicència lliure

- Linux
- Scilab
- LibreOffice
- Kazam

10 Sigles

- AOA: Angle Of Arrival
- BF: Bayesian Filter
- DR: Dead Reckoning
- DTW: Dynamic Time Warping
- GLONASS: Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema
- GNS: Global Navigation Satellite
- GPRS: General Packet Radio Service
- GPS: Global Positioning System
- GSM: Global System for Mobile Communications
- HMM: Hidden Markov Model
- INS: Inertial Position System
- KF: Kalman Filter
- KNN: K-Nearest Neighbor
- LOS: Line Of Sight
- RF: *Radio* Frequency
- RFID: RadioFrequency Identification
- RSSI: Received Signal Strength Indication
- TDOA: Time Difference Of Arrival
- TOA: Time Of Arrival
- UWB: Ultra Wide Band
- WLAN: Wireless Local Area Network

- ZARU: Zero Angular Rate Update
- ZUPT: Zero Velocity Update

11 Bibliografia

[1] A. Alarifi et al., “Ultra Wideband *indoor* Positioning Technologies: Analysis and Recent Advances,” *Sensors*, vol. 16, no. 5, p. 707, 2016.

[2] C. Galván-Tejada, J. García-Vázquez, and R. Brena, “Magnetic Field Feature Extraction and Selection for *indoor* Location Estimation,” *Sensors*, vol. 14, no. 6, pp. 11001–11015, 2014.

[3] B. Gozick, K. P. Subbu, R. Dantu, and T. Maeshiro, “Magnetic maps for *indoor* navigation,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 60, no. 12, pp. 3883–3891, 2011.

[4] Y. Gu, A. Lo, and I. Niemegeers, “A survey of *indoor* positioning systems for wireless personal networks,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 11, no. 1, pp. 13–32, 2009.

[5] Y. Li, Y. Zhuang, H. Lan, P. Zhang, X. Niu, and N. El-Sheimy, “Self-Contained *indoor* Pedestrian Navigation using *smartphone* Sensors and Magnetic Features,” *IEEE Sens. J.*, vol. 16, no. c, pp. 1–1, 2016.

[6] S. Neelakandan, S. Muthukumaran, and R. Annamalai, “Implementing Campus *indoor* Location Tracking System,” vol. 5, no. 5, pp. 16731–16735, 2016.

[7] Y. Shu, C. Bo, G. Shen, C. Zhao, L. Li, and F. Zhao, “Magicol: *indoor* Localization Using Pervasive Magnetic Field and Opportunistic WiFi Sensing,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 33, no. 7, pp. 1443–1457, 2015.

[8] I. . Sterling, Greg (Opus Research, “Magnetic Positioning,” pp. 1–8, 2014.

[9] W. Storms, “Magnetic field aided *indoor* navigation,” *Arc.Aiaa.Org*, pp. 1–74, 2009.

- [10] K. P. Subbu, B. Gozick, and R. Dantu, "LocateMe: Magnetic-fields-based *indoor* localization using *smartphones*," ACM Trans. Intell. Syst. Technol., vol. 4, no. 4, p. 73:1-73:27, 2013.
- [11] K. Subbu, C. Zhang, J. Luo, and A. Vasilakos, "Analysis and status quo of *smartphone*-based *indoor* localization systems," IEEE Wirel. Commun., vol. 21, no. 4, pp. 106–112, 2014.
- [12] Y. S. oo Suh and B. Amarbayasgalan, "*indoor* magnetic signature based localization algorithm without person-dependent parameter calibration," Sensors (Basel), vol. 14, no. 8, pp. 14375–14398, 2014.
- [13] K. Al Nuaimi and H. Kamel, "A survey of *indoor* positioning systems and algorithms," in 2011 International Conference on Innovations in Information Technology, IIT 2011, 2011, pp. 185–190.
- [14] J. Chung, M. Donahoe, C. Schmandt, I.-J. Kim, P. Razavai, and M. Wiseman, "*indoor* location sensing using geo-magnetism," in Proceedings of the 9th international conference on Mobile systems, applications, and services - MobiSys '11, 2011, pp. 141–154.
- [15] L. Descamps-Vila, a P. Navarro, and J. C. Caralt, "Integración de un sistema de posicionamiento *indoor* en aplicaciones SIG para dispositivo móvil," in VII Jornadas SIG Libre de Girona, 2013, no. 1.
- [16] V. Honkavirta, T. Perälä, S. Ali-Löytty, and R. Piché, "A comparative survey of WLAN location *fingerprinting* methods," Proc. - 6th Work. Positioning, Navig. Commun. WPNC 2009, vol. 2009, no. 1, pp. 243–251, 2009.
- [17] M. Kanaan and K. Pahlavan, "A comparison of wireless geolocation algorithms in the *indoor* environment," in 2004 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (IEEE Cat. No.04TH8733), 2004, vol. 1, no. 1, pp. 177–182.
- [18] J. Lee, C. Yoon, H. Park, and J. So, "Analysis of Location Estimation Algorithms for Wifi Fingerprint-based *indoor* Localization," in The 2nd International Conference on Software Technology, 2013, vol. 19, pp. 89–92.
- [19] S. Shahidi and S. Valaee, "GIPSy: Geomagnetic *indoor* positioning system for *smartphones*," in 2015 International Conference on *indoor* Positioning and *indoor* Navigation, IPIN 2015, 2015.
- [20] I. Afyouni, "Knowledge Representation and Management in *indoor* Mobile Environments," 2013.

[21] M. S. Svalastog, “*indoor* Positioning - Technologies, Services and Architectures,” 2007.