

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI
BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE
Corso di Laurea in Informatica

**Posizionamento Indoor
tramite lo studio
della pressione atmosferica**

Relatore:
Chiar.mo Prof.
Luciano Bononi

Presentata da:
Fabio Franzoso

Correlatore:
Dott.
Luca Bedogni

**Sessione III
Anno Accademico 2014/2015**

Indice

1	Introduzione	1
2	Stato dell'arte e Normative	3
2.1	Stato dell'arte	3
2.2	Normative	5
3	Progettazione	7
3.1	Caratteristiche	7
3.2	Strumenti	9
3.2.1	Piattaforma	9
3.2.2	Strumenti di sviluppo	9
3.2.3	Servizi Google	9
4	Algoritmo	11
4.1	Riconoscimento	12
4.2	Stima	13
5	Implementazione	15
5.1	Visualizzazione	15
5.2	Gestione Edifici	16
5.3	Servizio Posizionamento	16
5.4	Servizio Correzione	16
5.4.1	Servizio Logging	17

6	Risultati	19
6.1	Pressione Standard	20
6.2	Stazionamento	21
6.3	Movimento	29
6.4	60 minuti	36
6.5	Casi d'uso	42
6.5.1	Consegna	42
6.5.2	Riunione	43
6.5.3	Ufficio	43
6.6	Consumi	44
7	Sviluppi Futuri	47
7.1	Algoritmo	47
7.2	Comunicazione tra dispositivi	48
7.3	Sensori	48
7.4	Applicazione	49
8	Conclusioni	51
A	Pseudocodice	53
A.1	Funzione Principale	53
A.2	Ausiliarie	55
	Bibliografia	57

Capitolo 1

Introduzione

Il proliferare di dispositivi personali sempre più complessi ha permesso di assimilare nella vita di tutti i giorni molte tecnologie fin'ora relegate ad usi specifici, in particolare l'integrazione del GPS ha reso comune il concetto di posizionamento.

Tuttavia per quanto utile il GPS, o equivalenti, ha alcune limitazioni dovute alla natura globale del sistema, infatti se si vuole avere accesso a posizioni più circoscritte, come ad esempio all'interno di un palazzo, è necessario trovare altri modi per permettere agli utilizzatori di identificare la propria posizione. L'argomento di questa tesi tratta per l'appunto di come utilizzare sensori già disponibili e diffusi all'interno dei normali smartphone, nello specifico il sensore barometrico, fornendo sia metodi per raggiungere lo scopo, sia producendo un applicativo in grado di funzionare per la raccolta dati e come effettivo dimostratore di tali metodi.

A supporto sono stati effettuati diversi test e raccolte dati prendendo in considerazione diversi casi d'uso realistici, analizzati i vari metodi per poter comprendere il comportamento e le problematiche di ogni singolo metodo e infine prodotto quali vantaggi e svantaggi presenta.

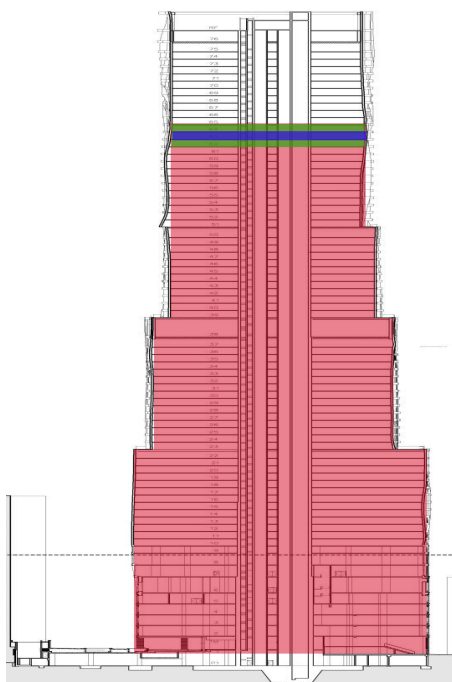
L'aggiunta del GPS al bagaglio di utilità disponibili all'utente all'interno di un moderno cellulare ha significativamente aumentato l'efficienza con cui gli operatori d'emergenza, quali forze di polizia o pronto intervento, riescano

Figura 1.1: Vista laterale della Beekam Tower (Manhattan), 76 piani.

Zona blu, piano 63, l'utente richiedente aiuto.

Zona rossa, dal piano terra al 63-esimo, area da perlustrare senza aver accesso all'altitudine.

Zona Verde, dal piano 62 al 64, area da perlustrare avendo accesso all'altitudine, compreso l'errore della normativa.



ad effettuare il proprio lavoro permettendo di raggiungere velocemente e con precisione il luogo dove è richiesta la loro presenza, e soprattutto permettono di automatizzare informazioni che erano prima richieste direttamente alla persona in pericolo e che non sempre è capace di fornire passando dalla semplice ignoranza o confusione a impossibilità fisiche quali svenimenti o costrizioni; tuttavia esistono situazioni in cui tali informazioni non sono sufficienti.

Un esempio è dato da edifici molto alti, quali i grattacieli, dove l'informazione della posizione altimetrica si rileva particolarmente utile, infatti dove normalmente in un palazzo di pochi piani un controllo piano per piano non risulta essere un grande problema, l'effettuare la stessa cosa all'interno di una costruzione di decine e decine di piani può rallentare notevolmente la ricerca del richiedente soccorso.

L'aggiunta di un sistema per riconoscere e fornire questo tipo di informazioni, sia all'utente che in maniera automatica ad eventuali servizi esterni di sicurezza, non solo è alla base di questa tesi ma è anche oggetto di dibattito e studio presso alcuni operatori telefonici di alcuni Paesi.

Capitolo 2

Stato dell'arte e Normative

L'idea di studiare metodi per fornire quantomeno la propria posizione altimetrica all'interno di un edificio utilizzando tecnologie quanto più comuni possibili, quali il già citato sensore barometrico, nasce dalla necessità di migliorare sempre di più la già alta utilità dei moderni dispositivi portatili in alcune situazioni.

Con l'intento, sfruttando le tecnologie non disponibili su così larga scala fino a pochi anni fa, di migliorare notevolmente l'efficienza di alcune operazioni, prime fra tutte le situazioni di emergenza.

2.1 Stato dell'arte

La diffusione degli smartphone che si è verificata nel corso degli ultimi anni ha permesso di ampliare considerevolmente le informazioni disponibili, tramite l'ampia gamma di sensori disponibili a bordo dei dispositivi, ed ha attirato l'attenzione dei ricercatori e sviluppatori in quanto la combinazione di diffusione e accettazione presso il pubblico permette di avvicinare i risultati di ricerche già effettuate [12], ma che hanno il limite di essere estremamente sperimentali e di difficile applicazione, ad applicazioni d'uso reale.

L'idea di utilizzare i sensori per raccogliere e migliorare le interazioni con gli utenti è un argomento che ha portato allo studio di numerosi sistemi relativi

alla mobilità, come ad esempio [11] l'uso dell'accelerometro e del giroscopio per riconoscere la tipologia di spostamento dell'utente, e quindi non solo la sua posizione e direzione, che può portare, prendendo una possibile applicazione, a contribuire alla creazione di sistemi domotici molto più intelligenti di quelli attualmente esistenti.

Nella più specifica branca del posizionamento verticale indoor sono stati svolti numerosi lavori che hanno consentito di generare un concordato sulle difficoltà che persistono nell'utilizzo di determinate tecnologie, come il sensore barometrico, nell'affrontare la problematica di rilevare, con precisione sufficiente ad essere utilizzabile, l'altitudine all'interno di un edificio, in particolare dividendoli in due casistiche: il riconoscimento del movimento e il riconoscimento dell'altitudine vero e proprio.

Per il riconoscimento del movimento non solo sono disponibili studi [10] che permettono di mostrare che è possibile integrare il sensore barometrico con gli altri sensori per migliorare la precisione del riconoscimento del piano ma anche che il sensore stesso può essere usato come componente principale del rilevamento, come nel caso [9] dell'uso di un altro sensore, l'accelerometro, utilizzato per addestrare il sensore barometrico a riconoscere un cambio d'altitudine dall'evoluzione della pressione. O addirittura che il sensore barometrico da solo è sufficiente ad effettuare questo tipo di rilevamento, ad esempio [8] usando l'osservazione dell'andamento naturale della pressione nell'unità di tempo per calcolare un limite usato per differenziare l'evoluzione naturale da uno spostamento.

Preso nota che il barometro è utilizzabile per il riconoscimento del movimento verticale, si passa quindi alla sua valutazione come dispositivo per il calcolo dell'altitudine; in situazioni outdoor, come in aeronautica, i barometri sono stati utilizzati per lo sviluppo degli altimetri quindi è possibile partire dal fatto che è possibile calcolare un'altezza data almeno due pressioni, di cui una di riferimento.

Il problema si sposta quindi nel valutare la qualità dei sensori montati a bordo dei dispositivi e dal mantenimento dell'altitudine corretta, nel primo caso

è stato confermato che la capacità di valutazione della pressione assoluta da parte dei sensori è soggetta a gravi errori di calibratura, pur mantenendo la capacità di registrare correttamente le variazioni, e che quindi risulti difficile l'uso diretto di tali informazioni. Esistono lavori che suggeriscono alcuni metodi per correggere o limitare questo problema, come lo scomporre [5] i fattori del valore della pressione atmosferica andando ad individuare l'entità dell'errore dato dal dispositivo tramite confronto con delle stazioni note. Il secondo problema, l'eliminazione dell'errore nel calcolo dell'altitudine dato dalla variazione temporale, vede una linea di pensiero abbastanza comune ovvero, sempre prendendo in considerazione il problema precedente, l'uso di un dispositivo esterno affidabile per effettuare la correzione. Di questi dispositivi ne vengono proposti varie tipologie, dall'uso [5] di beacon sufficientemente diffusi da poter essere utilizzati per ricavare le informazioni necessarie entro un'area il più possibile circoscritta, a l'uso [7] delle già presenti stazioni meteorologiche, teoricamente meno diffuse rispetto a dei beacon ma già disponibili, e infine anche all'uso [6] di alcuni dati per il posizionamento 2.5D tramite Wi-Fi per costruire una tabella di riferimento della pressione dei piani dell'edificio.

Pur limitando l'errore dato dal tempo rimane la possibilità che tra un'interrogazione e l'altra la pressione vari, andando quindi a modificare l'altitudine pre-correzione, e i casi disponibili o semplicemente considerano [6] archi di tempo tra le interrogazioni sufficientemente corti da poter considerare la pressione stabile, oppure impiegano [7] modelli di stima tra una comunicazione e l'altra per avere un'idea di come la pressione si evolverà nel breve periodo e quindi effettuare la correzione.

2.2 Normative

La Federal Communications Commission, ovvero l'agenzia governativa americana che si occupa di tutti gli usi dello spettro radio non governativi, delle comunicazioni interstatali e delle comunicazioni internazionali da e per

gli Stati Uniti ha allo studio la creazione di alcuni standard e obblighi da parte delle compagnie che operano nell'ambito delle telecomunicazioni per migliorare le informazioni relative al posizionamento sia orizzontale che verticale.

Relativamente al posizionamento verticale, nei documenti [1, 2] e anche analisi di associazioni[3] di categoria fin'ora rilasciati, sono giunti alla conclusione che con l'aumentare del numero di dispositivi aventi accesso a sensori, quale quello barometrico, che permettono di aggiungere l'informazione relativa alla propria altitudine con buona precisione si rende necessario sviluppare degli standard per poter sfruttare tali informazioni.

Tuttavia si sono anche accorti che il numero di studi effettuati in questo ambito sono di molto inferiori a quelli relativi al posizionamento orizzontale, e che quindi è necessario innanzitutto individuare un limite realistico all'errore massimo consentito.

Idealmente i sistemi in via di definizione dovrebbero avere la capacità di calcolare correttamente il piano con al più un piano di errore, ed è questo limite che verrà considerato durante il corso di questa tesi.

I documenti relativi alle tecniche che stanno prendendo in considerazione all'interno della commissione sono da considerarsi vivi, in quanto al momento della stesura di questo testo sono ancora nella fase di ricerca dei metodi, o una loro combinazione anche in base alla tipologia di necessità richiesta, che possano garantire i risultati migliori.

I risultati all'interno di questa tesi, effettuati con dispositivi per forza di cose antecedenti ad una eventuale standardizzazione futura, permettono di effettuare una prima valutazione su quali informazioni il dispositivo stesso è in grado di fornire e quali tecniche possono portare ad avere risultati con una precisione tale da essere utilizzabili in ambito reale.

Capitolo 3

Progettazione

3.1 Caratteristiche

La fase embrionale del progetto è partita durante il corso di Laboratorio di Applicazioni Mobili, che ha definito una prima versione dell'applicazione atta a stabilire la fattibilità del progetto e fornire una prima analisi, il che è risultato molto utile per poter poi definire le modifiche e soluzioni applicate durante lo sviluppo di questa tesi.

La prima versione, dovendo soddisfare anche i requisiti relativi al corso di Laboratorio Di Applicazioni Mobili è stata progettata tenendo in mente i seguenti requisiti:

- La necessità di sviluppare l'applicazione in uno dei sistemi operativi disponibili, nello specifico Android.
- Capacità di rilevare l'entrata in un edificio, per poter attuare alcune delle politiche di riconoscimento, effettuata tramite il GPS.
- Necessità di effettuare semplice mappatura altimetrica dell'edificio per controllare il comportamento del sistema di riconoscimento dei piani e altitudine in relazione con la realtà.

- Ampia possibilità di modificare i parametri di funzionamento per poter effettuare diverse campionature combinando i diversi parametri per trovare il risultato migliore.
- Capacità di eliminare agganci anomali all'interno dell'edificio, quali ad esempio in presenza di vetrate negli ultimi piani dell'edificio.

L'analisi dei dati forniti da questa prima versione ha portato alla necessità di aggiungere alcuni requisiti e caratteristiche per contrastare o limitare alcuni fenomeni che sono stati rilevati durante le mappature.

- Aggiunta di un sistema di comunicazione tra dispositivi a livello locale per lo scambio dei dati e correzione dei problemi tramite condivisione.
- Possibilità di utilizzare dispositivi speciali, denominati beacon, capaci di fornire dati teoricamente attendibili non normalmente disponibili quando l'applicazione si trova all'interno dell'edificio.
- Progettazione di un algoritmo per contrastare i naturali cambiamenti della pressione atmosferica ed effettuare le dovute correzioni.

Le caratteristiche aggiuntive sono nate usando due pensieri contrari per eliminare un grave problema che affligge il semplice uso della pressione atmosferica: la variazione durante l'arco della giornata.

La pressione atmosferica è influenzata da molti fattori meteorologici e geografici, alcuni dei quali in continuo mutamento nel tempo che influenzano in maniera sostanziale il rilevamento dell'altitudine se non propriamente presi in considerazione.

Anche in brevi archi di tempo la variazione naturale della pressione può essere di un'entità tale da rendere la stima effettuata dall'applicazione ben oltre il limite di tolleranza dell'errore stabilito.

Per contrastare questo fenomeno sono state prodotte due possibilità ovvero una relativamente semplice comunicazione locale, per permettere al dispositivo di accedere ad intervalli regolari ad informazioni più recenti e teoricamente

più affidabili fornite da altri dispositivi o beacon basandosi quindi sulla creazione di una rete di sensori, e sull'uso di un algoritmo il cui scopo è effettuare sulla base dell'analisi dei dati raccolti localmente dal dispositivo stimare quali correzioni effettuare, la cui descrizione dettagliata si lascia ad un capitolo successivo.

3.2 Strumenti

3.2.1 Piattaforma

Come già accennato, la piattaforma scelta per lo sviluppo del progetto è il sistema operativo Android, compatibile con la versione 4.0.3 e superiore, che garantisce la compatibilità con un ampio numero di dispositivi. L'accesso ad un grande quantità di hardware diversi permette di poter analizzare in un ambiente realistico il comportamento di un eventuale applicazione più raffinata in un contesto di ampia diffusione e scontro con le varie combinazioni di qualità dei sensori disponibili all'interno dei dispositivi.

3.2.2 Strumenti di sviluppo

Scelto il sistema sul quale sviluppare è stato possibile scegliere quali strumenti di sviluppo utilizzare per poter agilmente creare l'applicazione. Come ambiente si è deciso di utilizzare Android Studio, che ha ormai raggiunto una notevole maturità e permette di utilizzare le più recenti innovazioni sviluppate da Google con facilità e senza dover attendere eventuali sviluppi di terze parti. Per il sistema di controllo versione si è deciso di utilizzare Git sul servizio BitBucket, entrambi scelti per la familiarità acquisita durante il corso degli studi e di alcuni progetti personali.

3.2.3 Servizi Google

Alcune funzionalità del sistema sono state realizzate avvalendosi dei servizi resi disponibili tramite i servizi di Google, nello specifico si è fatto uso

di:

Google Maps : per fornire una semplice ma efficace visualizzazione della posizione geografica.

Google Elevation : avendo accesso alle coordinate geografiche è stato possibile aggiungere all'applicazione una precisa valutazione dell'elevazione, ovvero l'altezza rispetto al livello del mare, tramite richieste al suddetto servizio. Bisogna aggiungere che, teoricamente, sarebbe possibile integrare tale calcolo all'interno dell'applicazione se venisse aggiunto una mappatura della Terra, mappa le cui dimensioni in memoria sono proibitive rispetto alla capacità di uno smartphone

Google Neaby : gli attuali sistemi mobili permettono di collegare tra loro persone disperse lungo tutto il globo tuttavia la loro capacità di comunicazione vicina, di base, è quantomeno limitata. È stata quindi sviluppata questa libreria[4], per Android e OSX, che permette di sopperire a questa lacuna tramite l'uso del bluetooth, connessione ad Internet e ultrasuoni per gestire autonomamente e in sicurezza lo scambio di informazioni tra dispositivi locali.

Capitolo 4

Algoritmo

Durante lo studio di possibili metodi per migliorare la precisione, specialmente in caso di stazionamenti prolungati, si è cercato di vedere se fosse possibile trovare un metodo che non dipendesse totalmente dall'esistenza di un dispositivo esterno che, come verrà mostrato nel capitolo relativo ai risultati raccolti e sulla base della letteratura già disponibile [6, 7], presenta alcune problematiche non banali. Un metodo proposto è il seguente algoritmo il cui obiettivo è cercare, sulla base delle pressioni registrate dal sensore interno del dispositivo stesso, di eliminare o quantomeno limitare notevolmente la decadenza della precisione nel rilevamento dell'altitudine, e quindi del piano, dovuta al già noto [6] andamento caotico della pressione atmosferica durante l'arco della giornata. Un limite che è stato considerato durante la progettazione dell'algoritmo è la necessità di fornire una risposta il più velocemente possibile senza andare ad aggiungere dei rallentamenti nel rilevamento dell'altitudine, in quanto se il sistema necessitasse di troppo tempo prima di avere una possibile stima si correrebbe il rischio di saltare o ignorare dei valori, andando a minare sensibilmente la qualità della stima stessa. L'algoritmo è diviso in due fasi:

- **Riconoscimento:** in cui tenta di capire se il dispositivo era in movimento o se è rimasto nella stessa posizione relativo all'ultimo campione di pressione, in maniera analoga ad alcuni sistemi già disponibili [6, 9]

- **Stima:** in base ai precedenti stati calcolati dalla fase di riconoscimento tenta di stimare se c'è stata un'effettiva fase di movimento o di stazionamento e controlla se è possibile effettuare le correzioni utilizzando solo i dati disponibili tramite il dispositivo, senza aver necessità di dati aggiuntivi [8], o di dover valutare l'intero edificio [5].

4.1 Riconoscimento

L'algoritmo basa il suo funzionamento sulla raccolta dei valori della pressione passati confrontati con l'ultima pressione disponibile, quindi prima di poter effettivamente passare alla fase di stima è necessario avere un numero sufficiente di valori che, una volta raggiunti avviano la fase di stima.

$$AVG = \frac{\sum(PastPressures)}{N} - PastPressures_N \quad (4.1)$$

Si passa successivamente alla fase di riconoscimento del comportamento del dispositivo per questo singolo campione di pressione, tramite il confronto tra due valori ricavati dagli estremi, dalle pressioni precedenti e l'attuale. Viene calcolata la distanza, ovvero la differenza in valore assoluto, tra il massimo e il minimo e poi la stessa cosa però prendendo la media delle pressioni precedenti e la pressione attuale.

$$THR = \frac{\max(PastPressures) - \min(PastPressures)}{Sensitivity} \quad (4.2)$$

La distanza degli estremi, per poter essere utilizzata, deve essere divisa per un valore che funge da selettore della sensibilità e che permette di creare una soglia adattativa rispetto all'andamento della pressione che isola con buona precisione i picchi che si possono presentare nell'andamento naturale della pressione nell'arco della giornata da un movimento verticale vero e proprio, che rimarrà al di sopra delle soglie per più tempo.

$$SampleStatus = \begin{cases} Stationary, & \text{if } THR > AVG \\ Moving, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.3)$$

Come per le pressioni, viene mantenuta traccia degli ultimi stati del dispositivo, dati che verranno utilizzati durante la fase di stima, seguendo la

logica che se la distanza tra media e la pressione attuale è al di sotto della soglia allora il dispositivo è rimasto stazionario, al contrario il dispositivo era in movimento o si è verificato un picco, che verrà rilevato però dal sistema di stima.

4.2 Stima

La fase di stima è dipendente da due condizioni:

- Che non ci si trovi all'esterno di un edificio, in quanto non è necessario effettuare le correzioni.
- Si abbia un numero sufficiente di campioni su cui fare la stima, operazione descritta precedentemente.

Se soddisfatte, si controllano gli stati precedenti e il risultato viene quindi aggiunto alla lista degli stati da considerare per la correzione e usato per decidere i calcoli relativi agli offset.

$$SampleGuess = \begin{cases} Stationary, & \text{if } \sum(PastConditions = FALSE) < MovError \\ Moving, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.4)$$

Nel caso risulti che si è rimasti stazionari si aggiorna l'altitudine stazionaria, mentre se si risulta in movimento viene aggiornata l'altitudine in movimento e calcolato subito l'offset relativo agli stati di movimento.

L'offset del movimento è dato dal precedente offset di movimento, ovvero il valore dell'altitudine dato dagli spostamenti tenendo conto di eventuali stazionamenti, più l'assorbimento dell'offset stazionario, ovvero di quanto è cambiata l'altitudine dovuta all'andamento della pressione rispetto all'ultimo movimento rilevato.

$$AdjustAltitude = \begin{cases} TRUE, & \text{if } \sum(PastGuess = Stationary) \geq \sum(PastGuess = Moving) \\ FALSE, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.5)$$

Quando si raggiungono le stime necessarie per considerare una correzione si va a controllare se è possibile correggere, andando a confrontare il numero di volte in cui il dispositivo è stato considerato in movimento con il numero

di volte in cui è stato considerato stazionario ed in quest'ultimo caso, viene effettuata la correzione.

Capitolo 5

Implementazione

L'applicazione sviluppata si occupa sia di fornire all'utente le informazioni calcolate dal sistema di riconoscimento dell'altitudine sia di effettuare le mappature necessarie per l'analisi del comportamento del sistema confrontato con la realtà. I dati del dispositivo, tramite l'uso di un Content Provider, sono utilizzabili da applicazioni terze per eventualmente integrare i dati raccolti tramite l'applicazione con altri applicativi che possono aver necessità di avere accesso alle stime fornite dal sistema. La seguente è una descrizione della struttura dell'applicazione:

5.1 Visualizzazione

La schermata principale dell'applicazione, si occupa semplicemente di fornire tutte le informazioni generate dal sistema in maniera semplice ma esauritiva all'utente. Oltre a segnalare la propria posizione rispetto ad un edificio, se all'interno o all'esterno, comunica all'utente se, secondo il sistema di riconoscimento, ci si sta muovendo all'interno dell'edificio, relativamente ai movimenti tra piani, o se si è rimasti stazionari.

5.2 Gestione Edifici

Come precedentemente detto, l'applicazione si occupa inoltre di fornire un sistema per mappare gli edifici, funzionalità gestita da questa schermata. Durante l'inserimento è possibile comunicare, oltre al nome e informazioni sulla sua posizione, anche verso quale piano si intende muoversi per poter rilevare se il sistema è riuscito a rilevare correttamente il cambiamento di piano. Oltre all'inserimento è possibile anche visualizzare dall'applicazione le mappature già effettuate, fornendo sia il grafico dell'andamento e delle rilevazioni che l'accesso ai valori dei singoli istanti campionati.

5.3 Servizio Posizionamento

La base dell'applicazione, è il servizio che si occupa in background di gestire il GPS e le relative funzioni di rilevamento degli edifici associate e il sensore barometrico, filtrando e normalizzando i valori puri rilevati dal sensore per effettuare una esclusione di anomalie o instabilità date dall'elevato numero di campioni di pressione che i sensori a bordo dei dispositivi effettuano in poco tempo.

5.4 Servizio Correzione

Dato la necessità di effettuare alcuni controlli prima di passarli agli utilizzatori finali é stato inserito un servizio che si occupa di manipolare e correggere i dati secondo le politiche precedentemente descritte prima di poterle utilizzare. In base a quali dati ha accesso il servizio effettua le dovute stime e correzioni, arrivando anche a combinare i dati per cercare di ottenere il risultato migliore possibile. Le correzioni effettuate tramite l'algoritmo vengono eseguite dal momento stesso in cui viene avviata l'applicazione e mantenute aggiornate ogni volta che viene reso disponibile un nuovo dato dal servizio di posizionamento, mentre invece i sistemi di comunicazione locali, ad altri

dispositivi o beacon, vengono chiamati ad intervalli regolari e se i dati raccolti risultano essere più recenti e quindi possibilmente più precisi, effettuano le correzioni sul valore calcolato dell'altitudine, e piano, di conseguenza.

5.4.1 Servizio Logging

La mappatura degli edifici viene effettuata da questo servizio, che si occupa di monitorare e registrare le 7 possibili modalità con cui la pressione viene stimata dal sistema. La possibilità di poter registrare contemporaneamente i risultati di metodi differenti permette di confrontare immediatamente i vantaggi o svantaggi relativi ad un singolo metodo in relazione agli altri. Essendo un servizio, fornisce il non trascurabile vantaggio di poter effettuare le campionature senza dover sacrificare il dispositivo al ruolo di sola raccolta dati.

Capitolo 6

Risultati

In questo capitolo vengono mostrati i dati raccolti suddivisi per tipologia di mappatura e, oltre ai risultati per campione, se ne vuole mostrare un'analisi prendendo in considerazione dei casi d'uso realistici e il comportamento adottato dai vari metodi.

I campioni sono stati fatti registrando tutti i metodi considerati, permettendo di effettuare un accurato confronto sullo stesso andamento della pressione, utilizzando gli stessi parametri dell'algoritmo per ogni campione.

I metodi analizzati sono:

- ***Pressione base di riferimento:*** si prende come riferimento la pressione istantanea, a seconda della modalità d'avvio dell'applicazione quella al momento dell'avvio o l'ultima pressione considerata all'esterno dell'edificio, e viene confrontata con la pressione istantanea. É la base di tutti gli altri sistemi.
- ***Pressione beacon:*** sistema che prende in considerazione l'accesso ad un dispositivo esterno a cui è possibile richiedere ad intervalli regolari la pressione ad altitudine zero corrente, permettendo quindi di avere accesso ad una pressione di riferimento aggiornata.
- ***Pressione beacon con Algoritmo:*** Si comporta come la precedente, ma l'altitudine calcolata viene se necessario corretta tramite l'uso

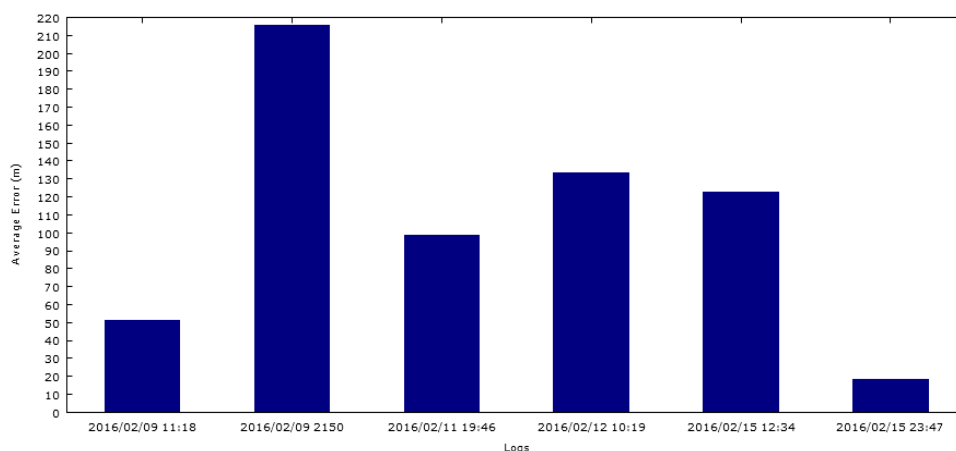
dell'algoritmo presentato.

- ***Pressione beacon Corretta:*** Il comportamento è identico a quello della versione normale, ma viene preso in considerazione l'eventualità che esista una differenza di sensibilità e taratura tra i sensori del dispositivo locale e quello del dispositivo esterno e viene tentata una correzione.
- ***Pressione beacon con Algoritmo Corretta:*** Stessa considerazione del punto precedente ma riferita alla controparte usante l'algoritmo.
- ***Pressione Algoritmo:*** viene usato solo il dato disponibile localmente, ovvero il riferimento iniziale e la pressione attuale, e l'algoritmo tenta di correggere l'altitudine solo sulla base di quello.

Escludendo i campionamenti presentati nella sezione apposita, di cui si rimanda la spiegazione più avanti, la comunicazione con il dispositivo esterno, il beacon, è stata impostata ogni 10 minuti, in modo da poter effettuare anche campionamenti in archi di tempo brevi avendo accesso ai dati relativi all'uso di valori provenienti da terzi.

6.1 Pressione Standard

Prima di presentare i dati è bene specificare che per completezza e controllo tra le tecniche registrate si è preso in considerazione anche il confronto tra la pressione istantanea e il valore della pressione atmosferica media sul livello del mare (1013.25 hPa).



Come è possibile vedere non solo l'errore medio è ben al di sopra della tolleranza considerata accettabile relativa alla normativa a cui si fa riferimento ma anche il valore non è da considerarsi stabile.

Pur essendo vero che il valore della pressione standard è considerato su elevazione zero questo valore, essendo una costante, non può prendere in considerazione tutti i fattori che influiscono sulla pressione.

Le possibilità che questo sistema permetta di stimare correttamente l'altitudine è da considerarsi al limite del casuale.

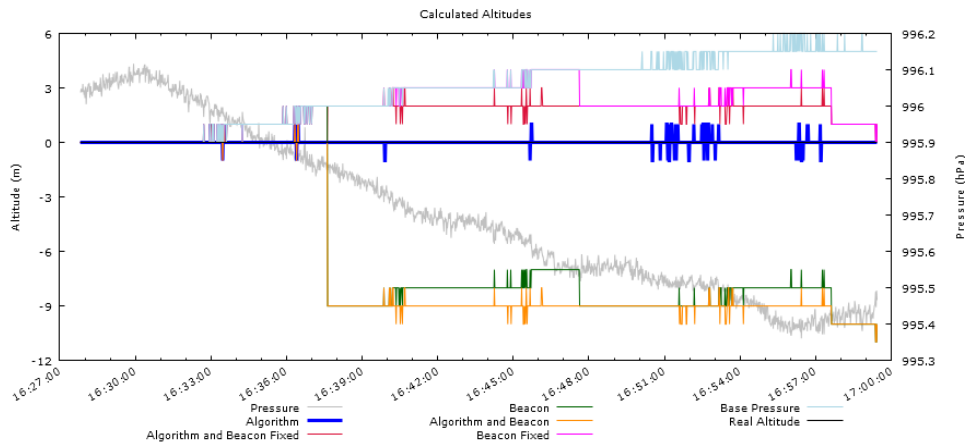
6.2 Stazionamento

In questa serie di campionamenti sono stati raccolti dati in una situazione in cui il dispositivo rimaneva fermo ad un piano e permette di confrontare la capacità dei vari sistemi di correggere l'errore dovuto alla variazione della pressione nell'arco della giornata.

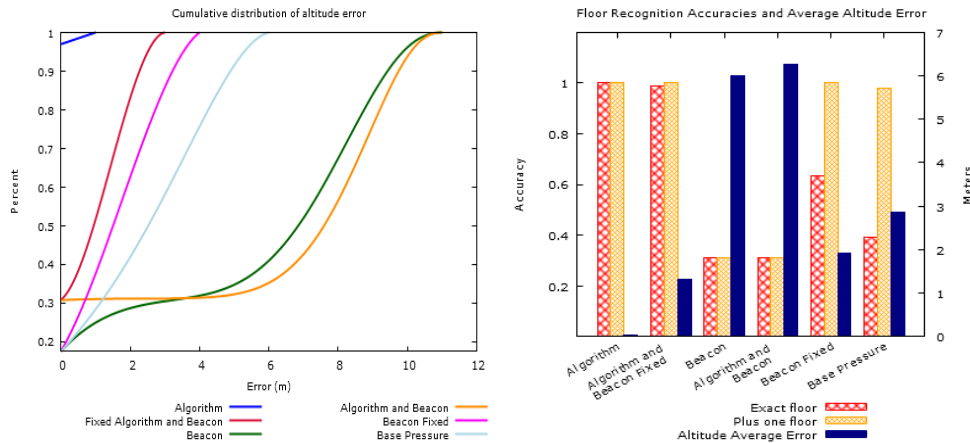
2016/02/09 17:27

Nonostante l'arco temporale ridotto, nell'ordine della mezz'ora, è possibile notare la non trascurabile variazione di pressione presente che si traduce in errore per il metodo usante solo la pressione di riferimento.

L'algoritmo è stato inoltre capace di riconoscere e correggere la variazione.



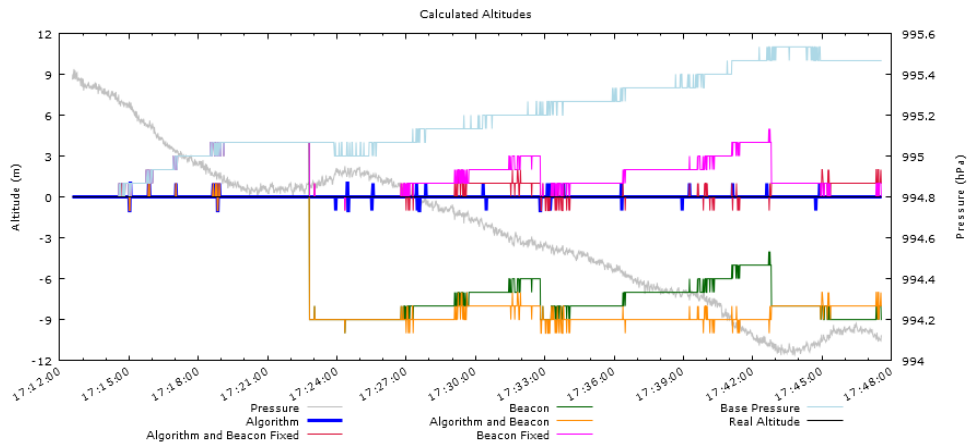
Inoltre è possibile notare la differenza che esiste tra le versioni del beacon corrette e non corrette, oltre a mostrare l'esistenza di un possibile errore anche sulla correzione dovuto alla minor sensibilità del beacon usato.



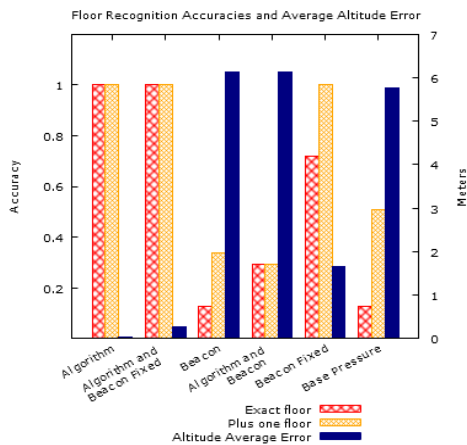
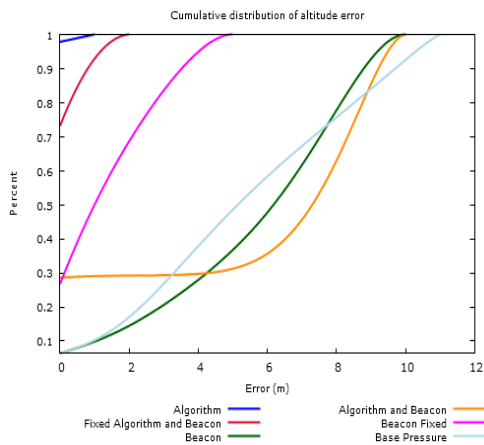
Ovviamente, l'esistenza di questo errore incide sulla valutazione delle metodologie usanti la correzione, che tuttavia rimangono ben più precise che le controparti non corrette.

2016/02/09 18:12

In questo campionamento non solo è possibile notare come anche qui esista una variazione della pressione tale da generare un errore considerevole ma anche che, in un arco di tempo simile, l'entità dell'errore è maggiore.

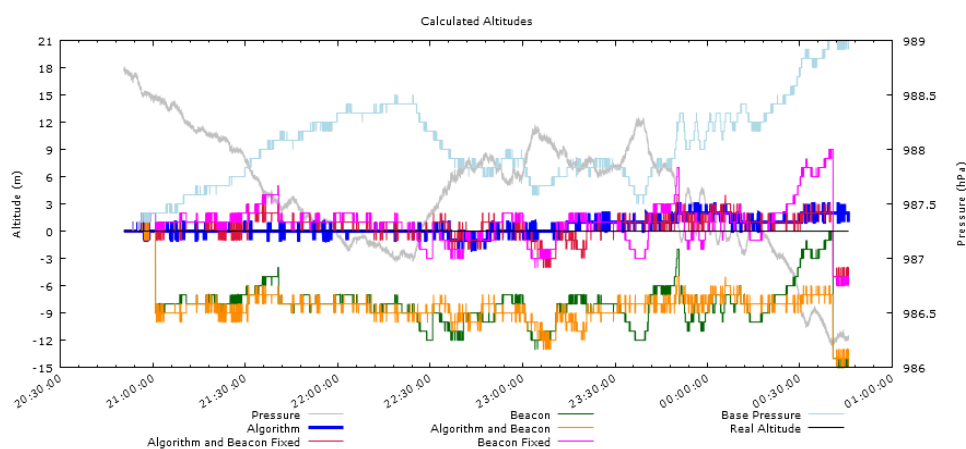


È possibile notare come la correzione in questo caso sia stata effettuata con errore minimo, mostrando come anche negli archi di tempo relativamente brevi presi in considerazione tra una chiamata e l'altra la presenza o meno dell'algoritmo contribuisce a mantenere corretto il valore dell'altitudine.



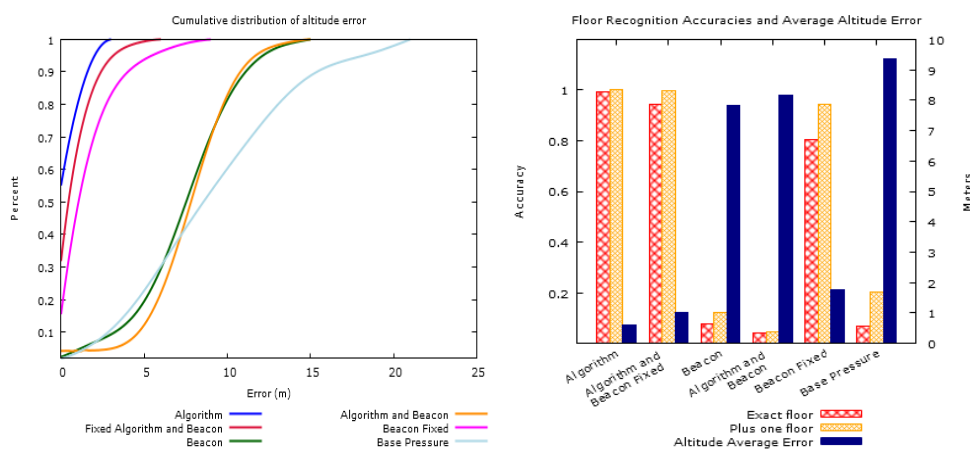
2016/02/09 21:50

Preso in considerazione un arco temporale più ampio è possibile individuare l'aleatorietà della pressione, che contribuisce a rendere il sistema base poco affidabile.



È possibile notare come i sistemi usando il dispositivo esterno vadano ad aggiungere gli eventuali errori o problemi di quest'ultimo al calcolo, che tuttavia possono essere corretti alle chiamate successive.

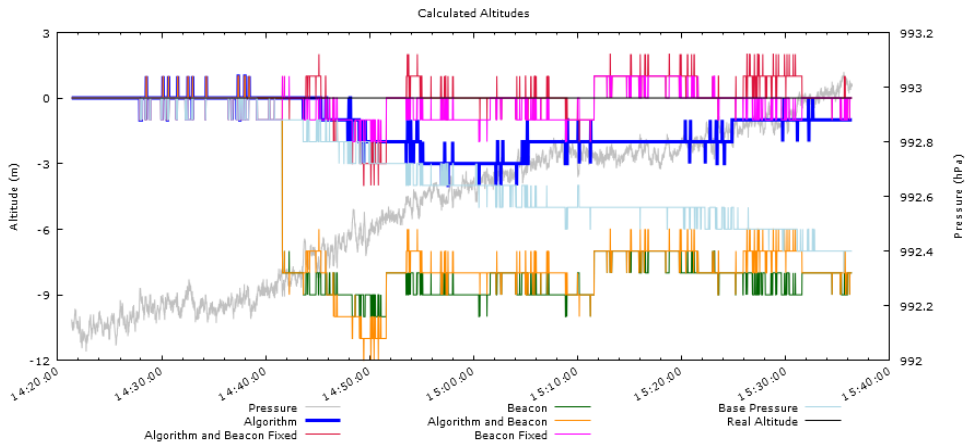
Nonostante gli errori i sistemi utilizzando gli algoritmi limitano notevolmente la variazione data dall'andamento naturale.



All'andare del tempo è normale la possibilità che l'errore del metodo base arrivi a superare quello dei metodi non corretti che, pur avendo un notevole errore per costruzione, sono da considerarsi stabili, come è possibile vedere confrontandoli con le loro versioni corrette.

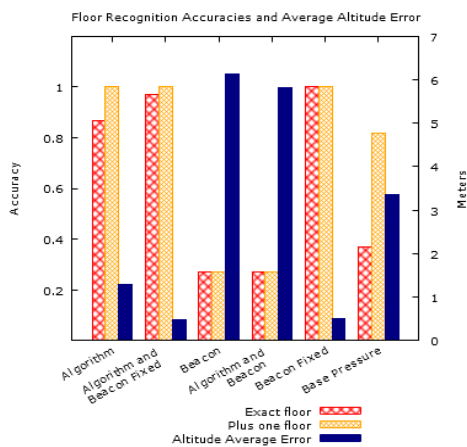
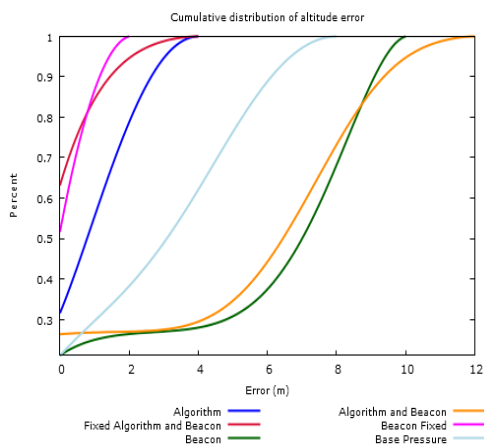
2016/02/10 15:21

Esistono comunque casi in cui i sistemi incominciano a presentare dei limiti nelle loro capacità, come è possibile vedere da questo grafico.



È possibile notare come l’algoritmo abbia problemi a distinguere un movimento reale da un repentino cambio di pressione come è stato nel caso di questo campione, in cui il rapido cambiamento delle condizioni atmosferiche ha inciso notevolmente sulla pressione generando continui picchi difficili da distinguere.

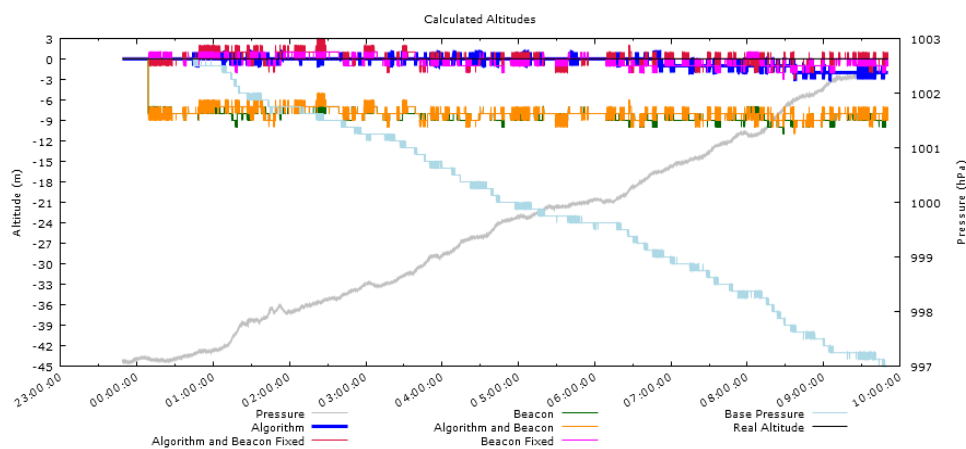
E anche vero che l’algoritmo ha, seppur minima, una capacità di recupero come visibile nella seconda metà del grafico.



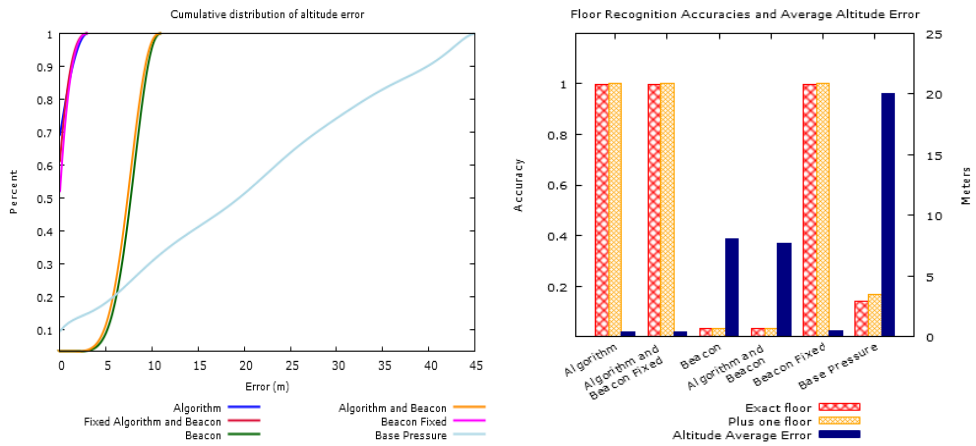
Ovviamente in questo caso l'algoritmo incide sulla capacità del sistema corretto con il beacon di rilevare correttamente l'altitudine, che tuttavia si mantiene comunque su buoni livelli grazie al fatto che l'eventuale falso positivo viene corretto dal sistema stesso grazie all'accesso a dati più recenti.

2016/02/11 00:48

Campionatura in un arco di tempo estremamente ampio, è possibile notare la differenza tra i metodi stabili e quello base.



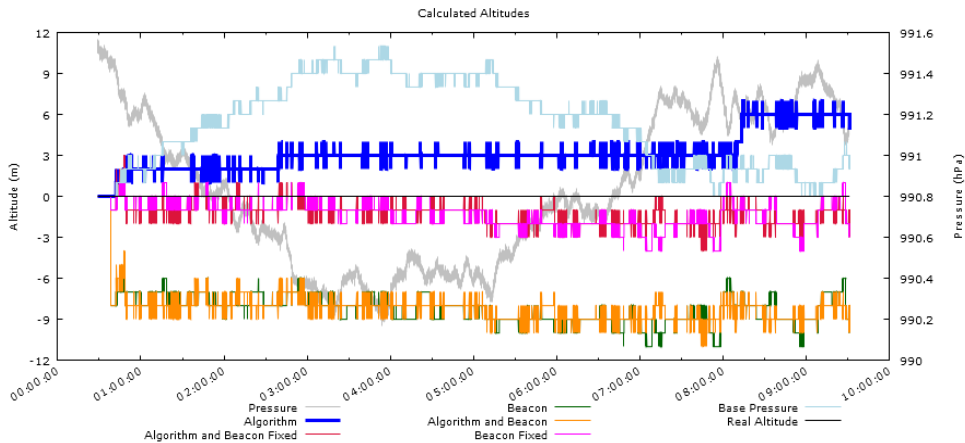
Interessante è notare come è più facilmente comprensibile il problema relativo alle versioni usanti il beacon non corrette, infatti confrontandole con le loro controparti è palese come siano semplicemente traslate dalla differenza di lettura effettuate da due sensori diversi e che la capacità di correggere l'altitudine siano inalterate, al netto del problema dei sensori diversi.



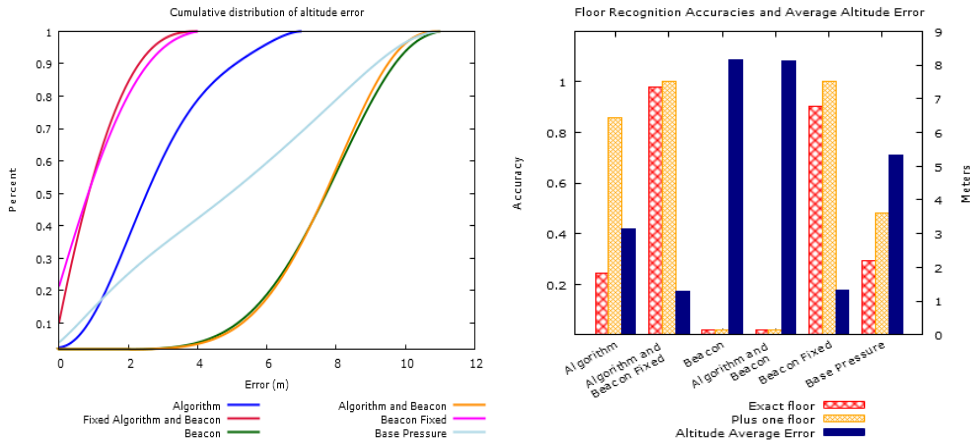
Anche analizzando l'errore è possibile notare quello che è già stato precedentemente detto.

2016/02/11 01:28

Altro caso in cui l'algoritmo viene ingannato, mostrando anche come l'errore dell'algoritmo sia legato solo dai relativi calcoli sulla pressione che, al contrario dei sistemi senza algoritmo, al passare del tempo.



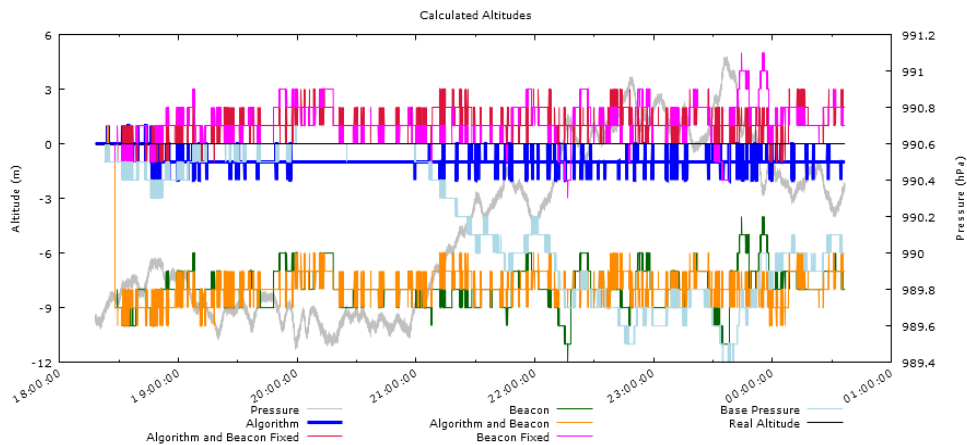
In questo caso la possibilità di accedere ad un dato recente permette di limitare e correggere gli errori generati dai falsi positivi rilevati dall'algoritmo a causa della presenza di numerosi e rapidi picchi.



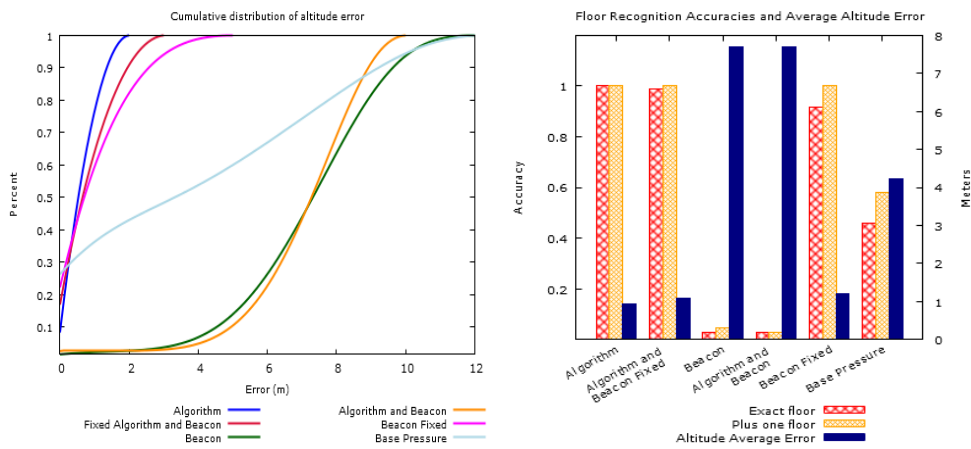
Il relativamente basso errore del sistema base rimane comunque frutto della casualità che di un sistema affidabile, il cambiamento della pressione riscontrato circa a metà campionatura rende l'errore alla fine relativamente limitato ma, come si può notare, è dipendente dal tempo; se ci si fosse fermati a metà avremmo avuto il massimo errore.

2016/02/13 19:18

Nonostante il falso positivo di entità minima all'inizio l'algoritmo dimostra comunque la capacità di eliminare la maggior parte dei picchi, ben presenti come visibile dalla pressione, che continuano invece ad incidere sui metodi, con entità differenti, mancanti dell'algoritmo.



La relativa stabilità iniziale della pressione fa figurare il metodo base avente una precisione nel riconoscere senza errore l'altitudine migliore degli altri metodi ma, come è possibile vedere, questa apparente bontà del dato viene annullata non appena la pressione incomincia a presentare un andamento più caotico nel corso del tempo.

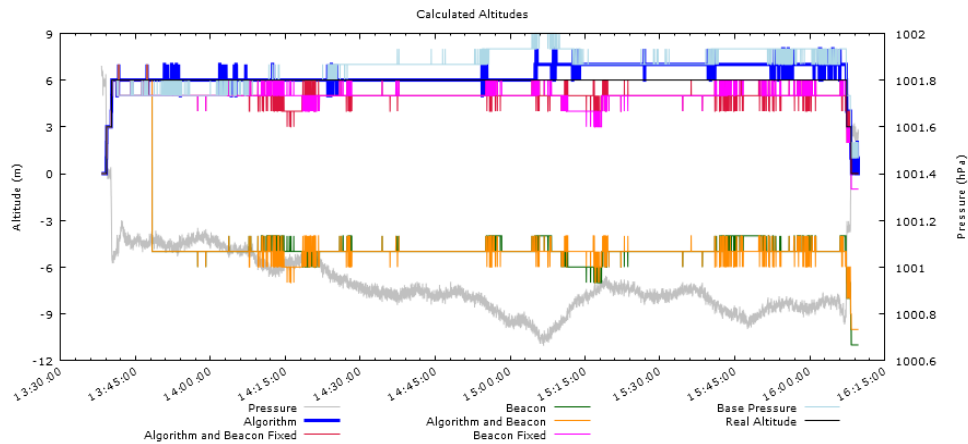


6.3 Movimento

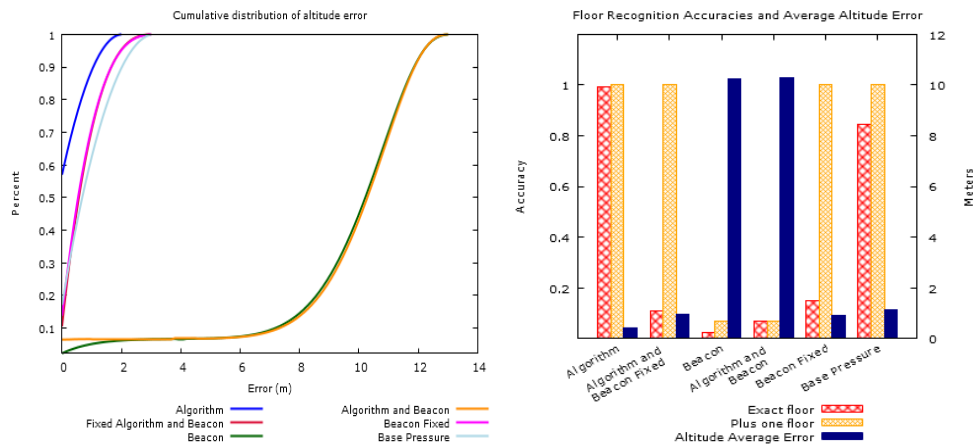
In questa serie di campionature si vuole mostrare come i vari metodi non impattino sulla capacità di riconoscimento dei movimenti verticali all'interno di una struttura pur mantenendo le premesse della sezione precedente

2016/02/11 14:38

In questo campionamento è visibile come la capacità di rilevamento del passaggio tra un piano, e altitudini, differenti venga mantenuta nei vari metodi.



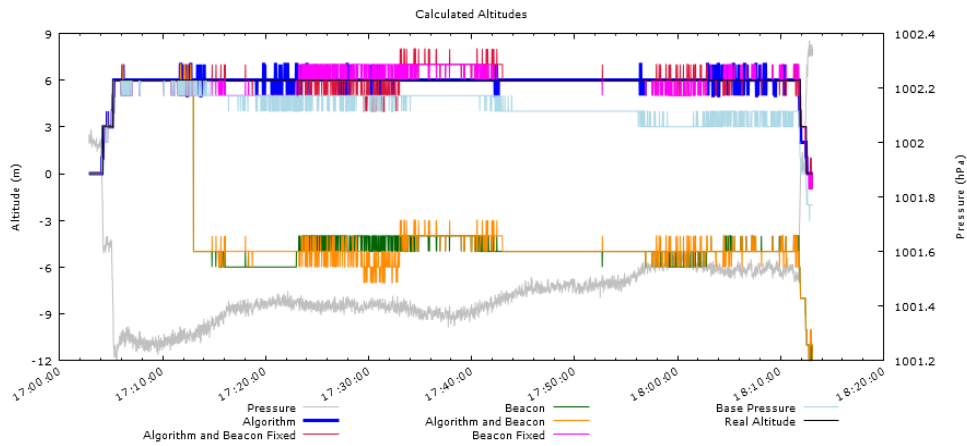
Tutti i metodi sono stati in grado di riconoscere il movimento di due piani, alla fine del grafico, pur mantenendo tutti gli errori e problematiche sono state presentate nel corso della descrizione dei precedenti campionamenti.



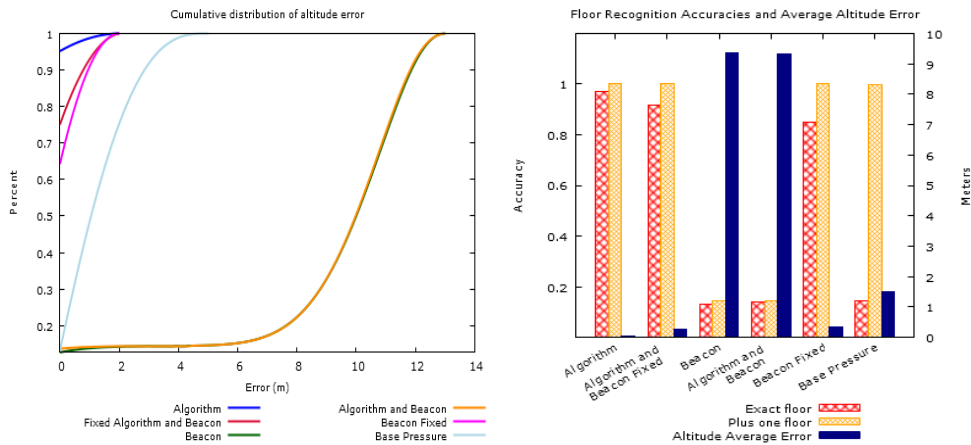
La relativa stabilità della pressione ha comunque permesso non solo al sistema meno affidabile di limitare l'errore, ma anche ai sistemi usando solo il beacon che come mostrato sono ancora soggetti al tempo.

2016/02/11 18:02

Caso analogo al precedente ma in un arco di tempo più lungo.



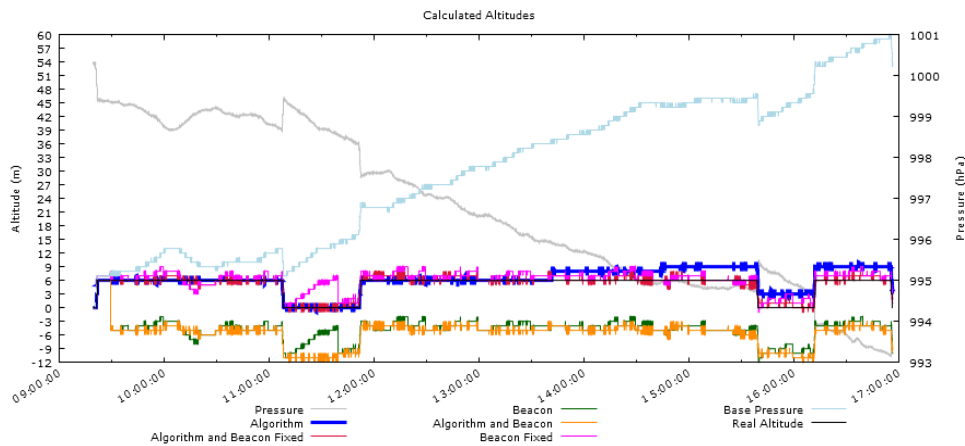
Come per alcuni precedenti campionamenti l'aleatorietà della pressione rende il metodo basato sulla pressione di riferimento iniziale alquanto difficile da considerare usabile, almeno per archi di tempo sufficientemente lunghi.



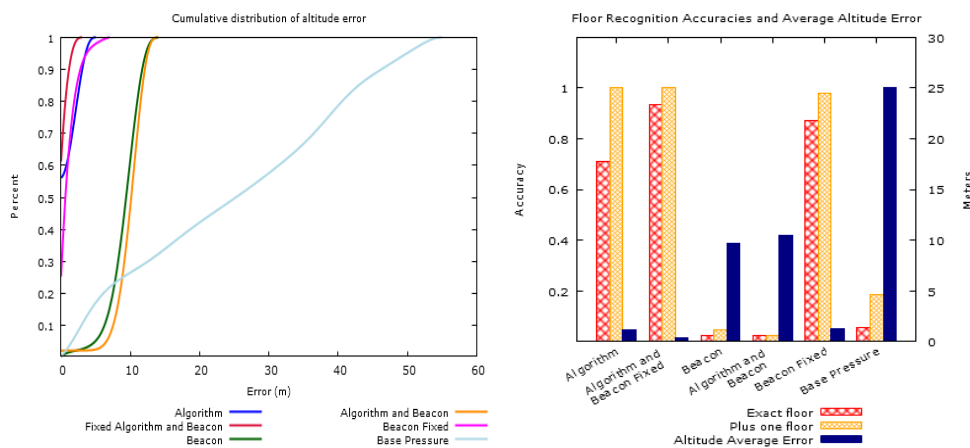
Infatti come è possibile vedere risulta che, per questo campionamento, questo metodo dia tra i risultati migliori ma prendendo in considerazione tutti i risultati precedenti è comprensibile che esistano rare situazioni in cui il metodo dia buoni risultati, che rimangono dipendenti da troppi fattori tra cui anche solo il tempo.

2016/02/12 10:19

Campionamento in cui su un ampio arco di tempo si sono compiuti più movimenti verticali seguiti da periodi di stazionamento.



L'algoritmo è stato in grado di mantenere una buona precisione per buona parte del campionamento ma, come precedentemente menzionato, basandosi solo sui dati raccolti relativi alla pressione esistono casi in cui è possibile che venga ingannato. È per contrastare questi casi che è stato studiato la possibilità di combinare gli aggiornamenti ricevuti dai dispositivi esterni con la capacità dell'algoritmo di limitare notevolmente l'entità dell'errore dato dall'andamento della pressione.



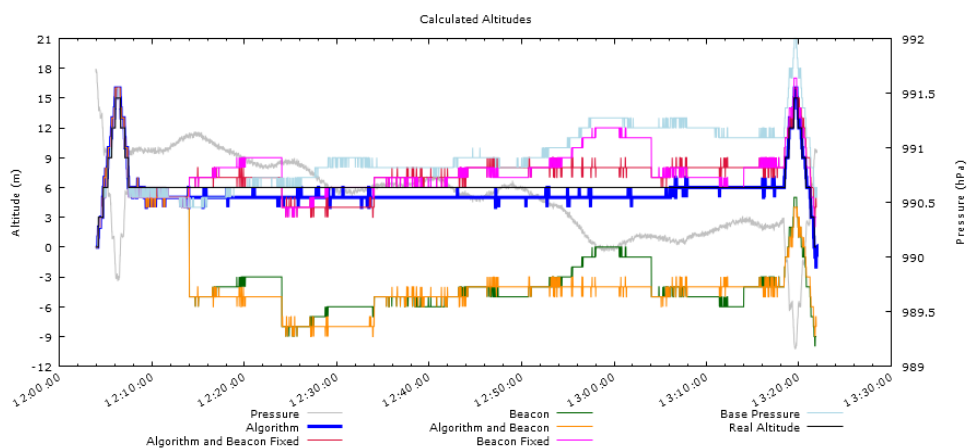
Come è possibile vedere il metodo che combina i due sistemi permette di ricavare un metodo che risulta essere, se non direttamente il migliore come

in questo caso, sempre tra i casi migliori disponibili.

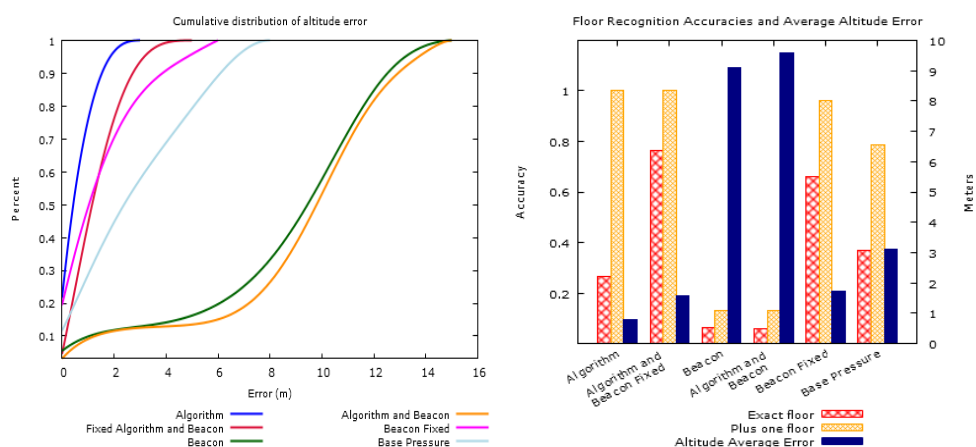
Bisogna precisare però che anche l'algoritmo e il beacon corretto da solo, hanno raggiunto comunque buoni risultati, soprattutto se si prende in considerazione l'enorme errore del metodo a riferimento base.

2016/02/13 13:03

Oltre al precedente movimento è stato aggiunto anche un ulteriore movimento lungo tutta l'altezza della struttura utilizzata per effettuare le campionature prima di stabilizzarsi nuovamente al secondo piano per poter registrare uno stazionamento ad un altitudine diversa da quella usata per i campionamenti della sezione precedente.



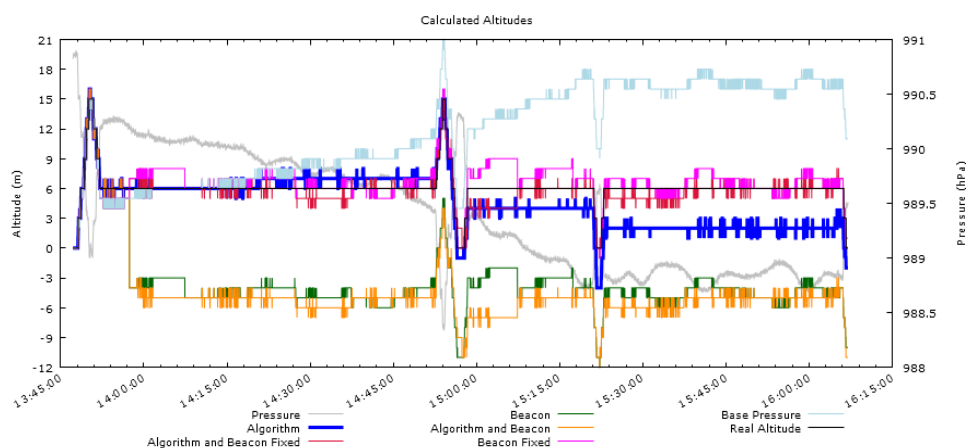
Come in casi precedenti l'algoritmo può spostare l'effettivo calcolo della posizione con un errore di un metro, questo è dovuto al fatto che il minimo calcolo possibile viene effettuato con unità minima un metro dato da alcune scelte implementative per supportare il maggior numero di possibili sensori montati sui dispositivi.



Questo può portare ad avere un errore medio ben al di sotto di un piano ma con un rilevamento del suddetto piano virtualmente più impreciso dovuto al calcolo relativo a dove viene considerato il dispositivo all'interno del piano stesso.

2016/02/13 14:47

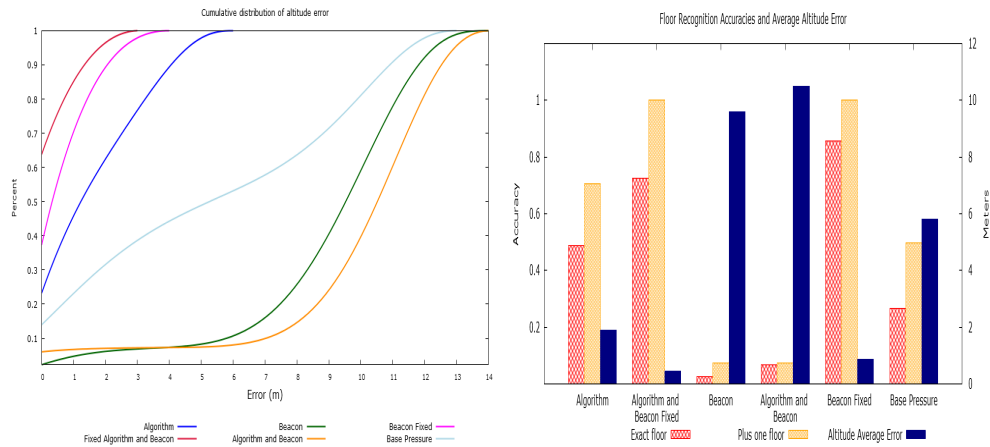
In questo campionamento è stato leggermente alterato il movimento verticale ed è stato possibile riscontrare una casistica relativa all'algoritmo



Nella seconda metà del grafico è possibile notare come il sistema con solo l'algoritmo abbia avuto apparentemente alcune difficoltà.

Questo è dato dalla combinazione del movimento e la richiesta di correzione

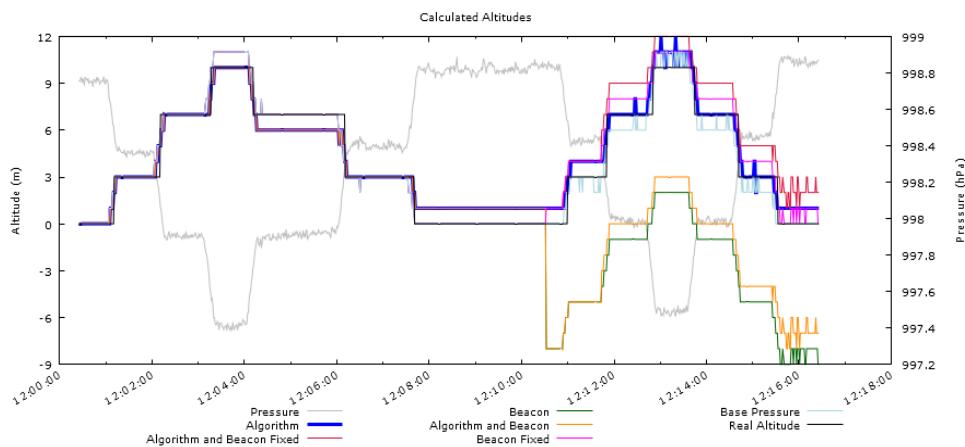
durante la suddetta fase che ha provocato, come è possibile notare anche sugli altri metodi, un'anomalia nel calcolo dell'altitudine che per l'algoritmo si sono poi protratte per il resto del campionamento.



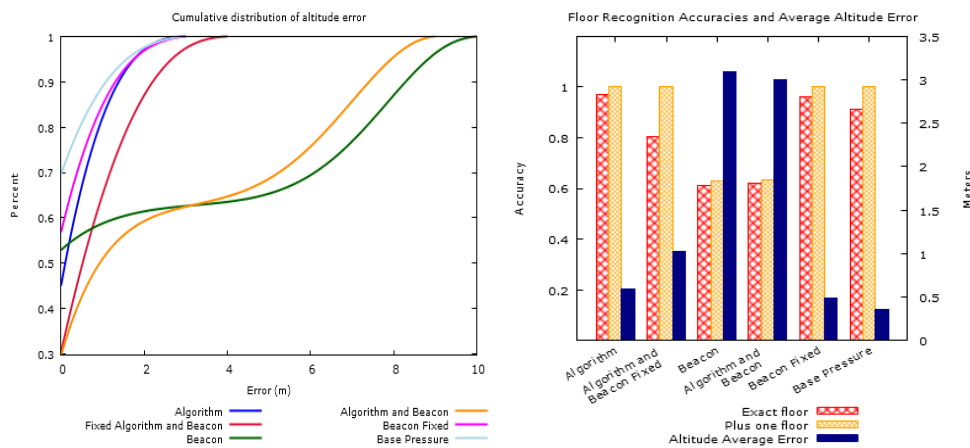
Questo è esattamente uno dei casi in cui il sistema utilizzando il beacon corretto e l'algoritmo dia una stima migliore di tutti gli altri metodi.

2016/02/15 13:00

Sono stati campionati alcuni edifici, anche se la disponibilità di poter piazzare il beacon e quindi fornire dati compatibili con quelli raccolti è stata estremamente limitata, e ne viene proposto uno relativo al dipartimento di informatica dell'Università di Bologna.



Va notato che ai fini del calcolo del piano il dipertimento in sé è un'anomalia in quanto i piani, data l'età e modifiche all'edificio apportate nel corso degli anni, han reso la struttura interna ad avere piani con altezze diverse sia tra loro che dallo standard considerato.



La combinazione dell'arco temporale corto e la stabilità della pressione atmosferica ha permesso, oltre ai metodi che si sono dimostrati validi nelle precedenti campionature esposte, di arrivare ad avere il sistema a riferimento avente tra le precisioni migliori. Ma come già spiegato e come disponibile tramite i precedenti grafici è stato possibile puntualizzare che questa possibilità, pur esistendo, è generata dal caso.

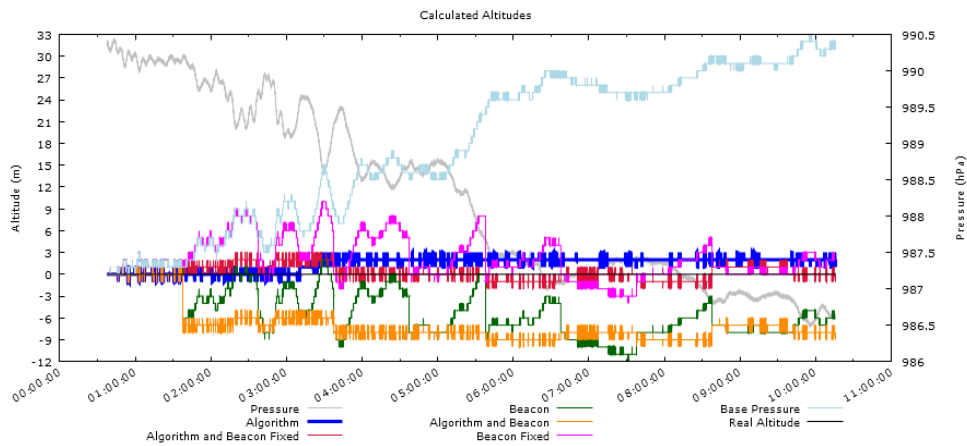
6.4 60 minuti

Nelle campionature mostrate fino ad ora è possibile notare che anche il metodo utilizzante il beacon corretto senza algoritmo mantenga una buona precisione.

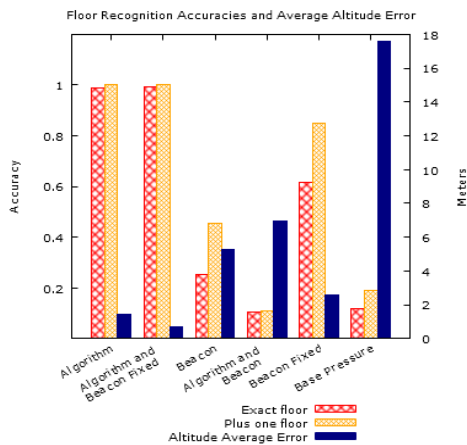
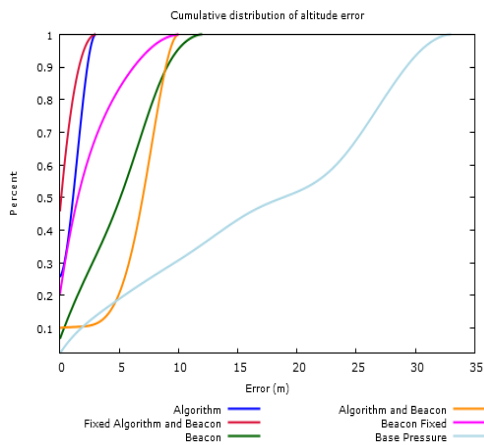
Tuttavia verrà ora mostrato che questo è dipendente dal tempo che intercorre tra un'interrogazione e l'altra prendendo in considerazione una costosa, energeticamente, comunicazione ogni 60 minuti invece che ogni 10 minuti.

2016/02/14 01:37

Dato il cambiamento nel tempo tra le interrogazioni del beacon, i campionamenti sono stati effettuati su archi di tempo lunghi, in modo tale da avere a disposizione più chiamate e al netto dei problemi derivanti dall'aver accesso a dati recenti meno frequentemente rimanga comunque la capacità dei metodi di effettuare le correzioni al momento della chiamata.



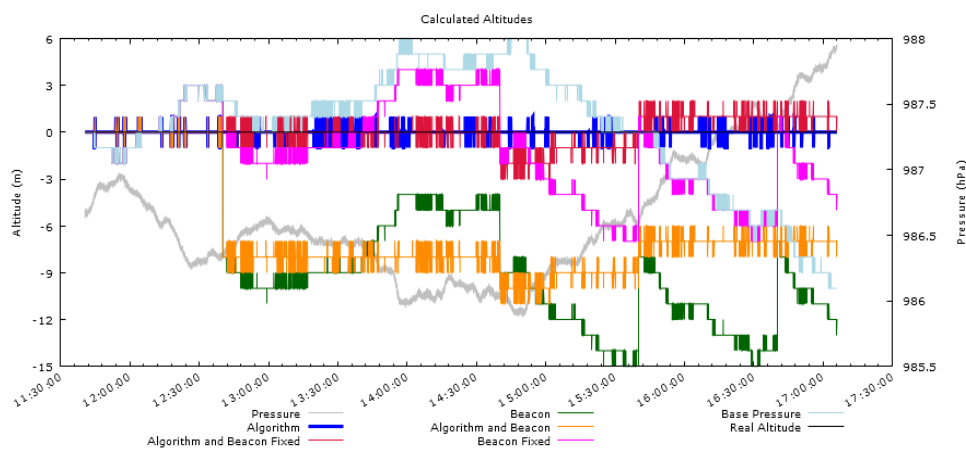
Come previsto, dato il maggior tempo che intercorre tra una chiamata e l'altra, la capacità dei metodi utilizzando solo il beacon subisce un incremento dell'errore mentre i metodi a cui viene aggiunto l'utilizzo dell'algoritmo sono molto meno affetti dal cambiamento.



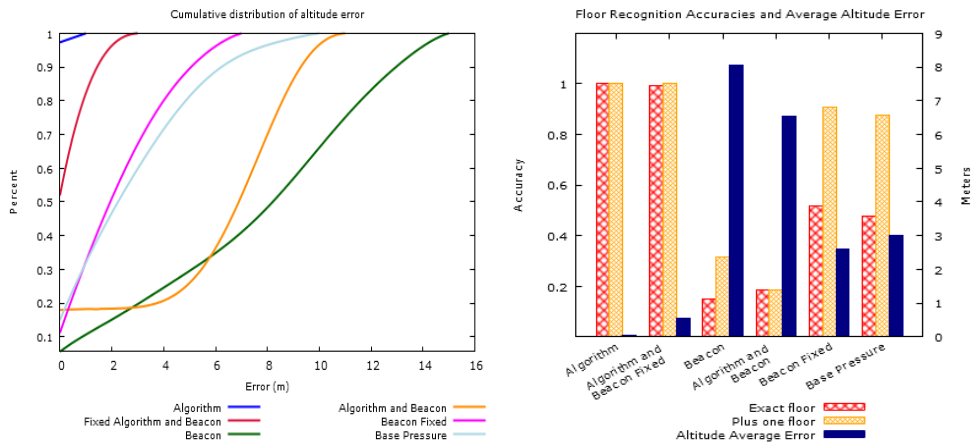
Precedentemente il metodo utilizzando il beacon corretto si posizionava tra i sistemi migliori ma ora, pur mantenendo una certa bontà, incomincia ad allontanarsi dal gruppo di metodi capaci di mantenere un dato accettabile.

2016/02/14 12:40

Come nel campionamento precedente è chiaramente visibile l'incidenza dell'errore del tempo sui sistemi utilizzanti i dispositivi esterni per correggere la propria altitudine.



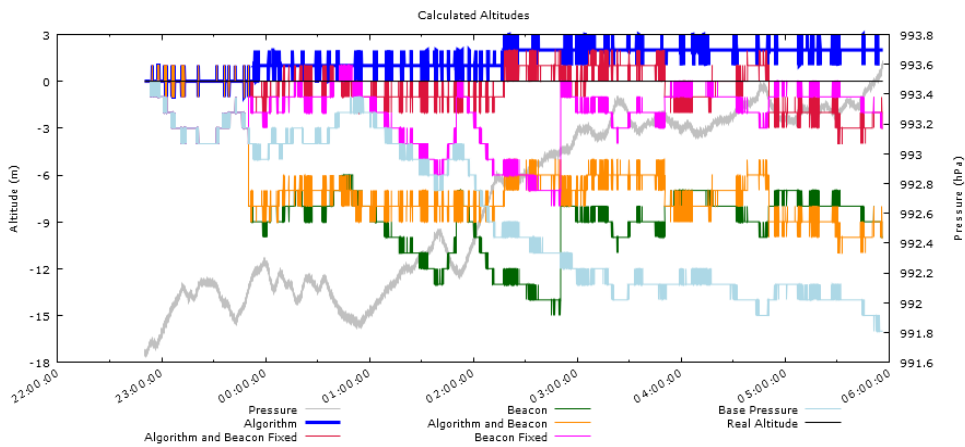
Anche in questo caso l'algoritmo e il beacon corretto avente accesso all'algoritmo, e al netto dell'errore dovuto alla qualità differente di sensori anche quello non corretto, mostrano la capacità di mantenere anche negli intervalli tra una chiamata l'altra l'altitudine corretto o quantomeno mantenere l'errore molto contenuto, al contrario degli altri metodi.



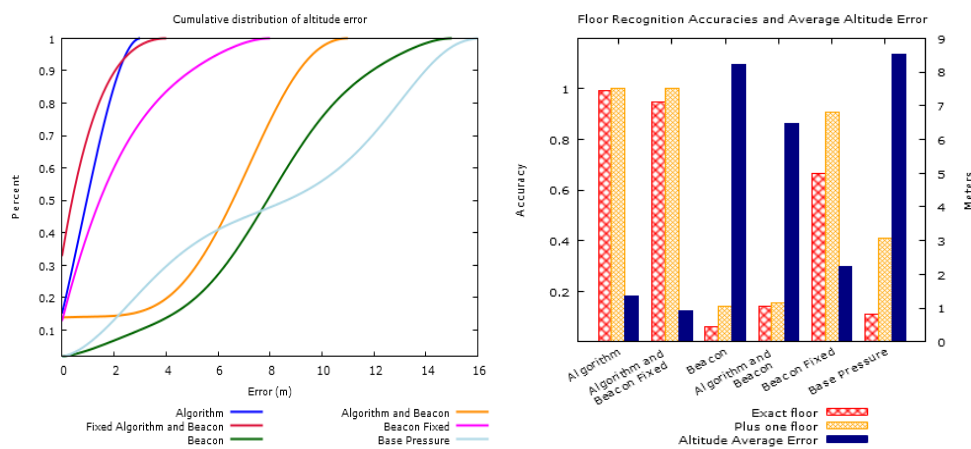
È ben visibile come in relazione al metodo di riferimento, pur prendendo in considerazione che l'errore dato da quest'ultimo è estremamente legato al tempo e agli agenti che affliggono la pressione atmosferica, l'altitudine calcolata usando il beacon risulta di poco più precisa.

2016/02/14 23:50

Anche nei casi in cui l'algoritmo incominci ad avere qualche problema ad eliminare i picchi, causando quindi un eccesso di falsi positivi e andando a rilevare un movimento inesistente, l'errore che possono raggiungere i metodi usanti il beacon da solo è di un'entità più elevata.



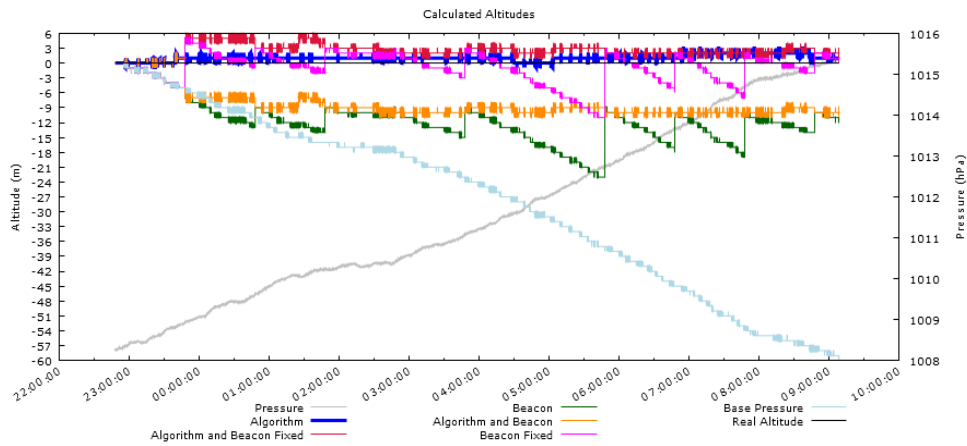
Non solo ma i metodi continuano a soffrire dei problemi precedentemente esposti come l'entità della correzione in relazione a sensori, come nel nostro caso, aventi sensibilità diverse e tarature diverse e che in base alla bontà del sensore stesso possono avere un certo margine di errore interno.



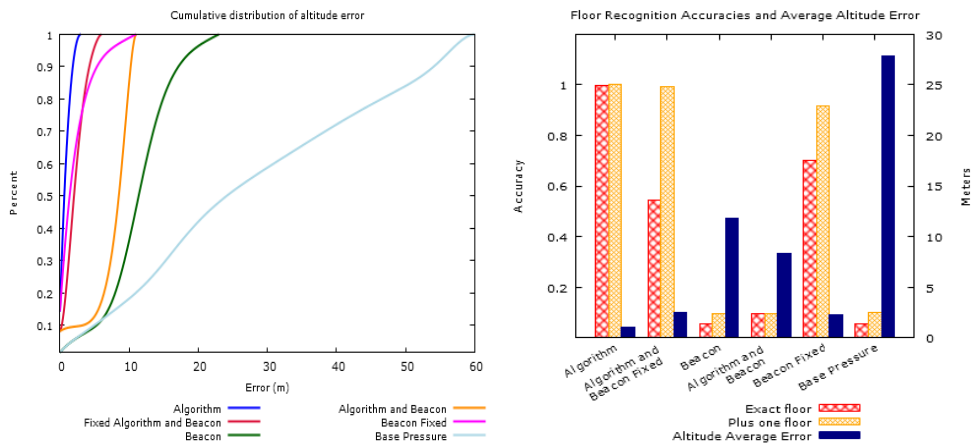
Ben visibile è l'entità degli errori seppur anche i beacon aventi accesso all'algoritmo sono soggetti ad alcuni errori iniziali comuni ai metodi con il beacon, la presenza dell'algoritmo ne limita l'entità.

2016/02/15 23:47

L'ultimo campionamento che si vuole mostrare permette di notare come la qualità del dispositivo esterno che si vuole utilizzare, anche in presenza di sistemi di correzione, possa minare la capacità del sistema di effettuare rilevamenti corretti.



La presenza di un beacon mal funzionante può causare problemi nel sistema di riconoscimento, anche in presenza di una correzione, in quanto un guasto o una temporanea staratura può portare ad avere dati oscillanti su valori troppo ampi che se utilizzati per il calcolo dell'altitudine danno origine ad una certa incertezza.



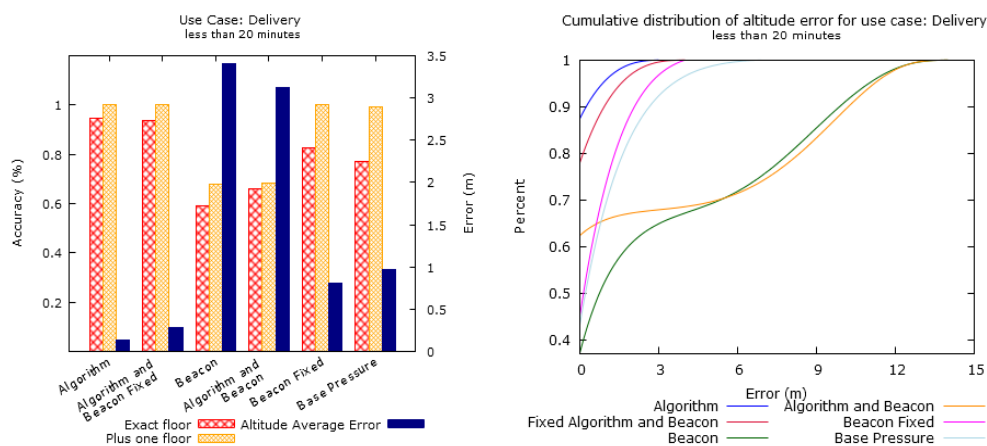
Comunque, pur in presenza di sistemi meno affidabili, rimane possibile riscontrare come la presenza dell'algoritmo permetta di mantenere la stima dell'altitudine entro un errore abbastanza stabile, al contrario dei metodi non facenti uso dell'algoritmo che si sono dimostrati dipendenti, seppur in maniera minore, dal tempo.

6.5 Casi d'uso

Vengono ora presentati dati ricavati dai campionamenti precedenti aggregati tenendo in considerazione dei casi d'uso relativi a vari tipi di utente con diverse tempistiche e necessità.

6.5.1 Consegna

In questo caso d'uso proposto si tiene in considerazione un utente che rimane all'interno di un edificio per lasso di tempo ridotto, al massimo venti minuti, come un fattorino o un tecnico dei distributori automatici.

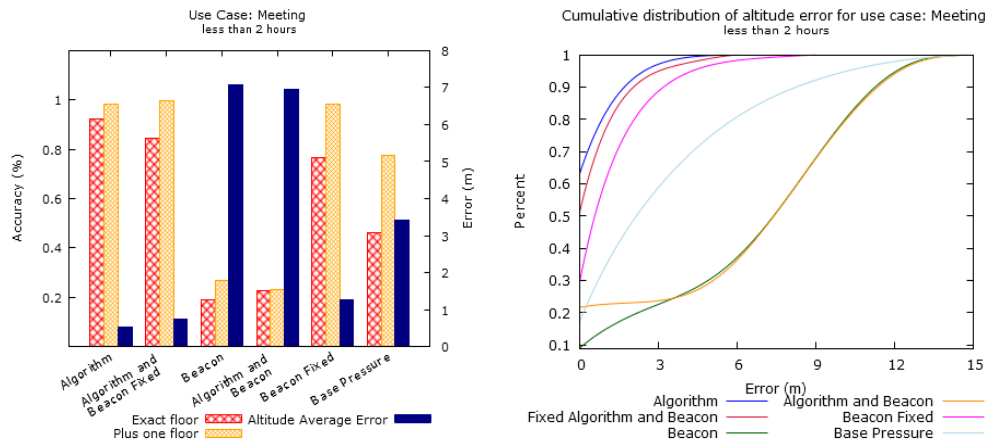


Seppur in maniere più limitate per i metodi relativi al beacon non corretti, che come precedentemente sottolineato soffrono della possibilità d'esistenza di un errore dovuto alla differenza tra i sensori montati dal dispositivo locale e il beacon, è possibile notare come il lasso di tempo ridotto permetta di avere un buon riconoscimento sui metodi analizzati, anche per quanto riguarda il metodo più semplice.

Tuttavia è comunque possibile osservare che la gerarchia dei metodi proposti fin'ora visualizzata attraverso i precedenti campionamenti viene rispettata, avendo comunque nei metodi usando l'algoritmo i risultati migliori.

6.5.2 Riunione

Per analizzare il comportamento in un medio periodo, come può essere il partecipare ad una riunione, viene considerato un lasso di tempo al massimo di due ore.

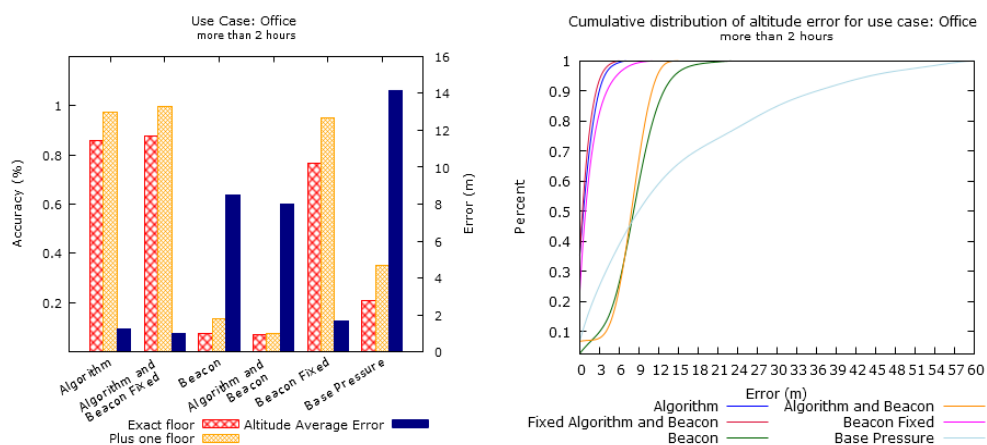


Già in questo caso è possibile notare che il metodo relativo utilizzando il solo riferimento alla pressione base incominci a soffrire della variazione naturale della pressione nell'arco della giornata, al contrario dei metodi utilizzando l'algoritmo che mantengono un livello di precisione nello stimare correttamente l'altitudine e i piani compatibile con il precedente caso d'uso.

Inoltre è da segnalare la variazione dell'errore nei metodi utilizzando il beacon; nel caso d'uso precedente il dato del beacon era presente per metà del tempo del campionamento ma ora, dato l'aumento del lasso temporale considerato, si è stabilizzato su valori che segnalano la differenza d'altitudine causata dagli hardware diversi.

6.5.3 Ufficio

Infine viene considerato il caso di un normale lavoro di ufficio, dove l'utente entra nell'edificio dove lavora e idealmente ne esce solo a fine giornata lavorativa o durante la pausa pranzo e simili, quindi calcolato su una durata temporale superiore alle due ore



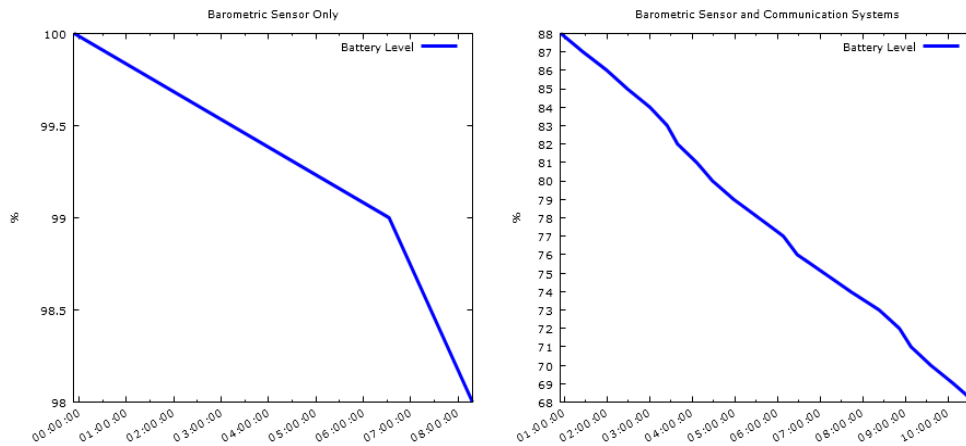
Essendo questo il caso avente il maggior lasso di tempo considerato il metodo della pressione base mostra la sua vera natura andando a raggiungere dei valori di errore e delle distribuzioni che evidenziano la scarsa affidabilità mentre i metodi utilizzando l'algoritmo, al netto della versione non corretta per i motivi già segnalati, continuano a mantenere un buon livello di affidabilità.

Bisogna precisare che, per quanto riguarda la versione del beacon corretta senza algoritmo continua ad essere dipendente dal tempo, come mostrato nella sezione riguardante i campionamenti su intervalli di comunicazione più ampi, come è possibile notare dall'esistenza di errori abbastanza elevati nella rilevazione del piano, seppur sporadici.

6.6 Consumi

Un aspetto da tenere sempre in considerazione quando si lavora su dispositivi mobili è il consumo della batteria e l'impatto che ogni applicazione ha su quest'ultima. I dati sono stati raccolti utilizzando un LG G4, avente una batteria da 3000mAh, utilizzando l'applicazione 'Battery Log' che, per limitare il suo impatto sulla batteria esegue i campionamenti quando il sistema segnala una variazione di carica della batteria, inoltre per limitare influenze esterne all'applicazione su un arco di tempo il più ampio possibile le registrazioni dei consumi sono state effettuate di notte. Per il test relativo

all'uso del solo sensore barometrico sono state disattivate le capacità dell'applicazione relative alla comunicazione, ovvero Google Nearby Message e la comunicazione con il beacon tramite Wi-Fi, mentre per il secondo test sono state riattivate.



Il dispositivo preso in esame ha una buona gestione hardware del risparmio energetico che si va ad aggiungere alle accortezze usate del sistema operativo stesso; è necessario precisare la presenza di questa componente in quanto incide sui consumi stessi, oltre all'hardware del sensore stesso, infatti come è possibile vedere avendo solo il sensore barometrico attivo l'impatto è assoggettabile al consumo durante lo stand-by, al contrario i consumi utilizzando anche i sistemi di comunicazione, ad intervalli di 10 minuti, sono decisamente più consistenti.

Nonostante la presenza di questo sistema aggiuntivo i consumi rilevati sono comunque in linea con quello che ci si aspetterebbe dato l'aggiunta di sistemi noti per l'impatto sulla batteria e dalle analisi disponibili in letteratura [8], confermando che i sistemi utilizzando il beacon necessitano di accorgimenti per limitare i consumi come, ad esempio, l'aumento dell'intervallo di interrogazione mostrato.

Capitolo 7

Sviluppi Futuri

Dall'analisi dei dati raccolti, effettuata nel capitolo precedente, è stato possibile studiare come differenti metodi, o combinazioni di essi, permettano di raffinare il risultato riguardante la stima dell'altitudine anche in presenza di problematiche intrinseche, quale la già citata variazione naturale temporale della pressione atmosferica, pur mantenendo un certo grado di errore. Da questo è possibile definire alcuni possibili miglioramenti per potenziare la capacità del sistema di riconoscere correttamente l'altitudine, o quantomeno di aumentare la capacità del sistema di sopperire ad errori e variazioni.

7.1 Algoritmo

É stato possibile dimostrare come l'algoritmo sia capace di limitare enormemente l'errore dato dalla naturale evoluzione della pressione atmosferica tuttavia é naturale desumere che esistano casistiche in cui l'algoritmo ha difficoltà a riconoscere determinati cambiamenti. L'individuazione e analisi di tali casistiche possono portare a progettare ulteriori versioni più avanzate dell'algoritmo che, tuttavia, deve rispettare le stringenti richieste di alta reattività su dispositivi che tendenzialmente hanno a disposizione poche risorse.

7.2 Comunicazione tra dispositivi

La comunicazione, pur avendo mostrato come permetta di effettuare le correzioni necessarie basandosi sull'accesso ai dati di dispositivi nelle vicinanze mantenendo una buona precisione e quindi dimostrando che sia effettivamente possibile utilizzare questo dato per correggere l'evoluzione della pressione atmosferica, ha anche mostrato come esista un problema dovuto alla grande varietà di dispositivi in commercio e alla qualità dell'hardware con cui questi sono stati costruiti. Il metodo utilizzato per effettuare una prima correzione su questa variazione seppur effettivo nel far rientrare l'entità dell'errore entro un limite accettabile è probabilmente troppo primitivo per poter essere utilizzato in presenza di ampie reti di sensori di qualità diverse. Una soluzione potrebbe essere la creazione di una raccolta comparativa tra gli hardware a disposizione, prendendo in considerazione, ed esempio, modello, specifiche del sensore, variazione nel rilevamento della pressione rispetto ai modelli già registrati, tenendo conto che potrebbe anche esistere una, minore, differenza di sensibilità e taratura anche dispositivi diversi appartenenti ad un modello.

7.3 Sensori

All'interno dei moderni smartphone sono disponibili diverse tipologie di sensori, pur tenendo conto che per quanto riguarda la possibilità di calcolare precisamente l'altitudine è necessario l'utilizzo del sensore barometrico, per aiutare la rilevazione da parte di alcuni sistemi come può essere l'algoritmo proposto, potrebbe essere interessante analizzare se esiste la possibilità che un sensore aggiuntivo [9] o una combinazione dei sensori disponibili, pur tenendo conto dell'eventuale aumento dei consumi [8], sia in grado di migliorare la capacità di discernere la differenza tra effettivi spostamenti lungo l'altezza di un edificio da improvvisi picchi rilevati dal sensore che potrebbero concorrere a creare falsi positivi relativamente all'algoritmo.

7.4 Applicazione

Pur tenendo conto che l'applicazione nasce come sistema di sperimentazione e raccolta dati è tuttavia possibile migliorarne non solo il mero aspetto estetico, ma soprattutto l'usabilità da parte dell'operatore durante la mappatura degli ambienti.

Tra i possibili miglioramenti si può considerare la possibilità di aggiungere note aggiuntive o anomalie strutturali che potrebbero incidere sulla capacità del sistema di effettuare una corretta mappatura e di cui andrebbe tenuto conto in fase di analisi.

Altro miglioramento potrebbe essere la possibilità di effettuare mappature sulla base di comportamenti invece che sulla base dei singoli edifici, ovvero permettendo di registrare un utilizzo più naturale delle informazioni calcolate dal dispositivo garantendo l'analisi di una normale giornata dell'operatore.

Capitolo 8

Conclusioni

Partendo da una necessità reale, di cui se ne sta occupando anche un ente governativo estero importante e le cui specifiche seppur in via di definizione sono state utilizzate come scheletro per la valutazione dei metodi proposti e analizzati all'interno di questa tesi per aver la possibilità di usare dei limiti pensati per un uso reale, si è sviluppata un'applicazione per raccogliere i dati necessari ad analizzare i metodi proposti.

Durante la raccolta dei campioni è stato possibile generare un quantitativo sufficiente di dati per poter effettuare una prima stima di quali problemi alcune metodologie soffrono e confrontare sulla stessa base di dati come si comportano rispetto agli altri metodi.

È stato inoltre progettato e analizzato tra i metodi proposti un algoritmo che, sull'idea di constatare se sia possibile utilizzare i soli dati disponibili tramite il sensore interno del dispositivo per limitare gli effetti dell'andamento naturale della pressione atmosferica senza aver la necessità di comunicare con un sensore esterno con tutti gli svantaggi che l'obbligo dell'uso dei sistemi di comunicazione comportano, si è dimostrato avere una capacità di mantenere un buon livello di precisione.

L'algoritmo si è anche dimostrato capace non solo di continuare a funzionare anche in presenza di un dato proveniente da un dispositivo terzo ma di migliorarne la precisione, permettendo di slegare la qualità della valutazione

dell'altitudine da parte dei metodi usanti il beacon dal tempo degli intervalli di richiesta con un addizionale di risorse praticamente nullo.

Partendo dall'analisi dei risultati raccolti sono state inoltre proposte alcune migliorie che potrebbero portare ad aumentare ulteriormente la precisione dei metodi più promettenti cercando anche di risolvere alcuni problemi intrinseci di alcune metodologie.

Concludendo, dai dati raccolti è stato possibile confrontare diverse metodologie ed individuare vantaggi e svantaggi di esso, è stato progettato e analizzato un algoritmo che consente di limitare fortemente l'errore dovuto dall'andamento della pressione ed infine sono state analizzate delle tecniche facenti uso di dispositivi esterni.

Delle tecniche sono saltate all'occhio la bontà delle valutazioni dell'algoritmo e del sistema utilizzando una comunicazione con un dispositivo esterno, corretto dell'errore di taratura, che tuttavia mantengono alcuni svantaggi: una minima propagazione degli errori dato degli sporadici falsi positivi per il primo e il peso della scelta dell'arco tempo tra un interrogazione e l'altra ed i consumi per il secondo, che però è stato possibile combinare andando a creare una terza tecnica che riduce notevolmente i problemi di entrambi.

Appendice A

Pseudocodice

A.1 Funzione Principale

```
private void estimatePast(double usedPressure, int usedAltitude){
    double olderPressure = 0;
    double averagePressure;
    double deltaAvgUsed;
    double deltaMaxMin;
    double estimateThreshold;
    boolean newGuess;

    /***** Recognition Phase *****/
    if (pastPressures.size() == maxPressureSamples ){
        olderPressure = pastPressures.remove(0);
        pastPressures.add(usedPressure);
        startGuessing = true;
    }else{
        pastPressures.add(usedPressure);
    }
    CheckForMaxAndMin(olderPressure, usedPressure);

    deltaMaxMin = maxPressure-minPressure;
    pressureTotal = pressureTotal - olderPressure + usedPressure;
    averagePressure = (pressureTotal/pastPressures.size());
    deltaAvgUsed = getDistance(averagePressure, usedPressure)
    estimateThreshold = ((deltaMaxMin)/sensitivity);

    if (pastConditions.size() == maxPressureSamples ){
        pastConditions.remove(0);
    }
    pastConditions.add(estimateThreshold>deltaAvgUsed);

    /***** Estimate Phase *****/
    if (!gpsFix){
        newGuess = checkPastCondition();
        if (startGuessing){
            guessingCount++;
            pastGuess.add(newGuess);
            if (newGuess){
                typeGuess = "Stationary";
            }
        }
    }
}
```

```
        altitudeStationary = usedAltitude;
    }else{
        typeGuess = "Moving";
        altitudeMoving = usedAltitude;
        altitudeMovOffset = altitudeMovOffset+altitudeStayOffset;
        altitudeStayOffset = 0;
    }
}else{
    typeGuess = "Too Soon";
    altitudeMoving = altitudeStationary = usedAltitude;
}
if (guessingCount == maxGuessSamples){
    guessingCount = 0;
    estimateFuture();
    pastGuess.clear();
}
altitudeOffset = altitudeStayOffset+altitudeMovOffset;
guessedAltitudeDelta = usedAltitude+altitudeOffset;
}else{
    altitudeMovOffset = 0;
    altitudeStayOffset = 0;
    altitudeOffset = 0;
    guessingCount = 0;
    pastGuess.clear();
}
}
```

A.2 Ausiliarie

checkPastCondition()

```
1 private boolean checkPastCondition(){
2     int count = 0;
3     for (boolean still: pastConditions) {
4         if (!still){
5             count++;
6             if (count == movementError){
7                 return false;
8             }
9         }
10    }
11    return true;
12 }
```

estimateFuture()

```
1 private void estimateFuture(){
2     int stayCount = 0;
3     int moveCount = 0;
4     for (boolean guess: pastGuess) {
5         if (guess){
6             stayCount++;
7         }else{
8             moveCount++;
9         }
10    }
11    if (stayCount >= moveCount){
12        altitudeStayOffset = altitudeMoving - altitudeStationary;
13    }
14 }
```


Bibliografia

- [1] FCC 15-9, Wireless E911 Location Accuracy Requirements, 29-01-2015, URL: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-15-9A1.pdf
- [2] FCC 14-13, Wireless E911 Location Accuracy Requirements, 20-02-2014, URL: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-14-13A1_Rcd.pdf
- [3] Technical and Environmental Factors Affecting Indoor E911 Location Accuracy, URL: <http://www.ctia.org/docs/default-source/fcc-filings/140714---filed-bokath-e911-technical-paper.pdf>
- [4] Google Nearby Messages, URL: <https://developers.google.com/nearby/messages/overview>
- [5] Ichikari, Ryosuke ; Ruiz, Luis Carlos Manrique ; Kouroggi, Masakatsu ; Kurata, Takeshi ; Kitagawa, Tomoaki ; Yoshii, Sota: Indoor floor-level detection by collectively decomposing factors of atmospheric pressure. In: *IPIN : IEEE, 2015*. - ISBN 978-1-4673-8402-5, S. 1-11
- [6] Binghao Li; Harvey, B.; Gallagher, T., Using barometers to determine the height for indoor positioning, in *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2013 International Conference*, pp.1-7, 28-31 Oct. 2013
- [7] Guangwen Liu, Masayuki Iwai, Yoshito Tobe, Dunstan Matekenya, Khan Muhammad Asif Hossain, Masaki Ito, and Kaoru Sezaki. 2014.

- Beyond horizontal location context: measuring elevation using smart-phonè barometer. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication (UbiComp '14 Adjunct)*. ACM, New York, NY, USA, 459-468. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2638728.2641670>
- [8] Keisuke Komeda, Masahiro Mochizuki, and Nobuhiko Nishiko. 2014. User activity recognition method based on atmospheric pressure sensing. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication (UbiComp '14 Adjunct)*. ACM, New York, NY, USA, 737-746. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2638728.2641299>
- [9] Vanini, S.; Giordano, S., Adaptive context-agnostic floor transition detection on smart mobile devices, in *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2013 IEEE International Conference on* , vol., no., pp.2-7, 18-22 March 2013
- [10] Bedogni, L.; Di Felice, M.; Bononi, L., By train or by car? Detecting the user's motion type through smartphone sensors data, in *Wireless Days (WD), 2012 IFIP* , vol., no., pp.1-6, 21-23 Nov. 2012
- [11] Elhoushi, M.; Georgy, J.; Wahdan, A.; Korenberg, M.; Noureldin, A., Using portable device sensors to recognize height changing modes of motion, in *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, 2014 IEEE International* , vol., no., pp.477-481, 12-15 May 2014
- [12] Romanovas, M.; Goridko, V.; Al-Jawad, A.; Schwaab, M.; Traechtler, M.; Klingbeil, L.; Manoli, Y., A study on indoor pedestrian localization algorithms with foot-mounted sensors, in *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2012 International Conference on* , vol., no., pp.1-10, 13-15 Nov. 2012

Ringraziamenti

Ringrazio Luca Bedogni per i consigli e la disponibilità che mi ha fornito durante lo svolgimento di questo lavoro.

Duma, Jei, Berni e Tapiri assortiti, vi ringrazio per la pazienza che dimostrate di avere nel sopportarmi.

Ma soprattutto grazie alla mia famiglia, che mi ha sempre supportato durante questo percorso.