Titolo: trans***C***eiver infr***A***strutturale e ***M***ultitecnologico per il ***M***onitoraggio di p***E***rsone e ***O***ggetti in ambienti non coperti dal GPS

Acronimo: *CAMMEO*

Responsabile di Progetto T-Connect: Dr. Ing. Paolo Sperandio

Responsabile di Progetto Progesi: Ing. Massimo Baldasseroni

D1.1 Definizione e analisi dei requisiti

Inizio Progetto: 5 Luglio 2010	**Durata**: 24 Mesi
Numero di Protocollo: 220	**Versione**: 1.6

Progetto finanziato da FILAS FInanziaria LAziale di Sviluppo
all'interno del programma POR FESR Lazio 2007/2013 Attività I.1

Informazioni sul documento:

Titolo:	D1.1 Definizione ad analisi dei requisiti
Società:	T-Connect, Progesi
Data di emissione:	27/09/2010
Tipologia:	Report
Versione:	1.6
Livello di diffusione:	Pubblico
Autori:	Pierpaolo Loreti, Fabiola Sillavi, Marco Torrisi.

Tabella delle modifiche

Versione	Data	Modifica	Apportata da:
1.0	05/07/2010	Casi d'uso e requisiti sezione mobile e server	Pierpaolo Loreti
1.1	12/07/2010	Integrazione documento Progesi, Inserimento use cases.	Marco Torrisi Fabiola Sillavi
1.2	15/07/2010	Aggiornamento use cases e ruoli cammeo transceiver	Marco Torrisi
1.3	27/07/2010	Integrazione Requisiti SW e aggiornamento doc col contributo di t-connect "struttura dati e casi d'uso".	Marco Torrisi
1.3	04/08/2010	Revisione generale del documento	Fabiola Sillavi
1.3	06/08/2010	Aggiornamento use cases Cammeo Transceiver	Fabiola Sillavi
1.4	08/09/2010	Aggiornamento e integrazione Requisiti SW Progesi	Fabiola Sillavi
1.5	16/09/2010	Revisione contenuti	Pierpaolo Loreti
1.6	27/09/2010	Revisione contenuti	Fabiola Sillavi

Indice:

1 Introduzione 8

1.1 Convenzioni utilizzate nel documento 8

2 CAMMEO: definizioni 10

2.1 CAMMEO Server 10

2.2 CAMMEO Service 10

2.3 CAMMEO Transceiver 10

2.4 Utente 10

2.5 Scenario 11

2.6 Use cases 11

2.7 Attori 11

2.8 Ruoli 12

3 Casi d'uso 13

3.1 Scenario 13

3.2 Casi d'uso per l'utente CAMMEO 16

3.2.1 CU01 Autenticazione utente 17

3.2.2 CU02 Visualizzazione della posizione e localizzazione outdoor 18

3.2.3 CU03 Visualizzazione della posizione e localizzazione indoor 19

3.2.4 CU04 Navigazione sulla mappa 20

3.2.5 CU05 Passaggio indoor-outdoor e viceversa 21

3.2.6 CU06 Ricerca del percorso 22

3.2.7 CU07 Ricerca dei punti di interesse 23

3.2.8 CU08 Gestione utenti e/o client 24

3.2.9 CU09 Visualizzazione degli utenti nel sistema 25

Casi d'uso per l'amministratore del server di mappe 26

3.2.10 CU10 Gestione mappe indoor/outdoor 26

3.2.11 CU11 Gestione di punti di interesse 27

Casi d'uso per la localizzazione attraverso il Cammeo Transceiver 29

3.2.12 CU12 Avvio Localizzazione 29

3.2.13 CU13 Invio dati di posizione C.T. per localizzazione outdoor 30
3.2.14 CU14 Invio dati di posizione C.T. per localizzazione indoor 31
3.2.15 CU15 Ricezione dati outdoor 32
3.2.16 CU16 Ricezione dati indoor 33
3.2.17 CU17 Calcolo posizione (solo per localizzazione indoor) 33
4 Requisiti 35
4.1 Linee guida 35
5 Vincoli e strutture dati 39
5.1 Sistemi operativi, protocolli di comunicazione e sicurezza 39
5.2 Interfacce hardware 39
5.1 Interfacce software 40
5.2 Documentazione utente 41
6 Stato dell'arte 42
6.1 Tecniche di localizzazione 42
6.1.1 Sistemi di riferimento 42
6.1.2 Stima della distanza 43
6.1.3 Calcolo della posizione 45
6.1.4 Otimizzazione 47
6.1.5 Disuguaglianza di Cramer Rao (limite di Cramer Rao) 48
6.1.6 Criterio della massima verosimiglianza (Maximum Likelihood Estimate – MLE) 48
6.2 Tecnologie di localizzazione 49
6.2.1 Global Navigation Satellite System (GNSS) 49
6.2.2 WLAN 50
6.2.3 Reti Cellulari 51
6.2.4 Bluetooth 51
6.2.5 Ultrasuoni 53
6.2.6 Ultrasuoni e Radiofrequenza 53
6.2.7 UWB 54
6.2.8 Infrarosso 54
6.2.9 RFID 55

6.3 Piattaforme di localizzazione, on the shelf e in via di sviluppo....56
6.3.1 GPS....56
6.3.2 Cell ID....58
6.3.3 Ekahau....59
6.3.4 Active Badge and Active Bat System....60
6.3.5 Cricket....60
6.3.6 Ubisense....61
7 Conclusioni....62
8 Bibliografia....63

Lista Figure:

Figura 1 Casi d'uso e attori coinvolti.....16

Lista Tabelle:

Tabella 1 Scenario CAMMEO Service 14
Tabella 2 Scenario CAMMEO Transceiver 15
Tabella 3 Requisiti funzionali.....38
Tabella 4 Requisiti S.O. protocolli e sicurezza CAMMEO Service e Server.....39
Tabella 5 Requisiti S.O. protocolli e sicurezza CAMMEO Transceiver 39
Tabella 6 Requisiti interfacce hardware CAMMEO Service 40
Tabella 7 Requisiti interfacce hardware CAMMEO Transceiver 40
Tabella 8 Requisiti interfacce software CAMMEO client e server 40
Tabella 9 Documentazione utente CAMMEO service e server 41

1 Introduzione

I sistemi di localizzazione outdoor e indoor funzionano con prestazioni soddisfacenti. Nonostante ciò, esiste l'impossibilità per l'utente di disporre di uno strumento capace di svolgere le sue funzioni con continuità nel passaggio dall'ambiente esterno a interno e viceversa: le tecnologie sviluppate in ambienti indoor e outdoor coesistono a bordo dello stesso strumento, ma non collaborano tra di loro.

Gli strumenti esistenti non rispondono a criteri di multimedialità, intesi come l'interazione di più mezzi di comunicazione sullo stesso supporto, e come fruizione dell'informazione, di qualunque natura essa sia, in ogni luogo, il prima possibile, con continuità e con un elevato grado di accuratezza. Il sistema CAMMEO (trans**C**eiver infr**A**strutturale e **M**ultitecnologico per il **M**onitoraggio di p**E**rsone e **O**ggetti in ambienti indoor e outdoor) è stato pensato proprio per risolvere questo problema. CAMMEO è un nuovo sistema di localizzazione che va a sostegno ad una molteplicità di servizi basati sul concetto di localizzazione d'utente.

CAMMEO è un sistema multi-tecnologico che vede la cooperazione di GPS per la localizzazione outdoor e di Bluetooth e WLAN, ZigBee ed RFid per quella indoor.

Il target finale del progetto CAMMEO è "l'integrazione ottimale delle applicazioni di localizzazione, navigazione e temporizzazione capaci di comunicare con sistemi di telecomunicazione terrestri". Con lo scopo di testare il funzionamento della soluzione proposta al problema suddetto, si sono sviluppate due applicazioni pilota. La prima è in tutto e per tutto un servizio a disposizione di ogni utente in possesso di un telefonino di ultima generazione, equipaggiato con Bluetooth, Wi-Fi e ovviamente tecnologia GPS e GPRS/UMTS; la seconda è invece un nuovo "Transceiver" nato per avvicinarsi alle esigenze di chiunque non sia in grado di disporre delle nuove tecnologie a causa di fattori come l'età, problemi fisici, ecc. Entrambe le versioni di CAMMEO forniscono informazioni sulla posizione dell'utente e, grazie ad un processo di personalizzazione, possono essere impiegate in diverse applicazioni.

Il D1.1 è strutturato in due parti:

1. Una serie di definizioni utilizzate in CAMMEO per indicare i componenti di sistema, gli attori e i ruoli
2. I casi d'uso e i relativi requisiti di sistema individuati

Il documento si chiude con una descrizione dei requisiti non funzionali che definiscono i vincoli tecnologici della piattaforma.

1.1 Convenzioni utilizzate nel documento

Per praticità in questo documento e nei prossimi utilizzeremo le seguenti abbreviazioni:

- **CS (CAMMEO Server), server**: è la convenzione per identificare il sistema remoto che permette l'elaborazione dei dati di posizione e i servizi basati sulla stessa.
- **CSS(CAMMEO Service)**: è la convenzione per identificare il sistema software e hardware che utilizzerà l'utente per fruire dei servizi basati sulla sua posizione (attualmente è uno smart phone).
- **CT(CAMMEO Transceiver)**: è la convenzione per identificare il sistema software e hardware che utilizzerà l'utente per essere localizzato.
- **CC(CAMMEO Client)**: è la convenzione utilizzata per specificare sia il CAMMEO Service che il CAMMEO Transceiver nella loro componente dedicata alla sola localizzazione.
- **Utente**: la persona fisica che utilizzerà il sistema CAMMEO.
- **AS (Amministratore di Sistema):** chi gestirà le informazioni relative ai client e agli utenti registrati nel sistema CAMMEO.
- **ASM (Amministratore del Server di Mappe)**: l'incaricato a gestire e modificare le mappe e i punti di interesse utilizzati dalla piattaforma.
- **AST (Amministratore di sistema Transceiver)**: persona fisica che gestirà le componenti software/hardware presenti nel dispositivo.

2 CAMMEO: definizioni

I seguenti paragrafi descrivono le varie componenti individuate che costituiscono la piattaforma CAMMEO (componenti di sistema, attori coinvolti) assieme ad alcuni assunti utilizzati nel documento per la raccolta e la definizione dei requisiti.

2.1 CAMMEO Server

Server CAMMEO è il cuore centrale della piattaforma e fornisce l'insieme di servizi che permettono di elaborare i dati grezzi di posizione provenienti dai CC, fornire servizi basati sulla posizione spaziale, gestire gli utenti, gli accessi e la manutenzione, mantenere e fornire le mappe indoor e outdoor.

Il CS si compone, ad un alto livello di astrazione, di un motore di localizzazione (location engine) e di un server mappe (indoor e outdoor), oltre che ad un insieme di servizi a disposizione degli utilizzatori.

2.2 CAMMEO Service

Il CAMMEO Service è quel componente software e hardware che verrà utilizzato dall'utente per inviare i dati grezzi di posizione al CS e per ricevere i dati processati al fine di ottenere dei servizi basati sulla sua posizione spaziale.

Questo software è installato in un terminale mobile, come uno smartphone, che integra differenti tecnologie di localizzazione come Wifi, Bluetooth e GPS contemporaneamente.

2.3 CAMMEO Transceiver

Il CAMMEO Transceiver è il componente software e hardware che verrà utilizzato dall'utente per inviare una frame data, opportunamente strutturata, al fine di fornire al server i dati per calcolare la posizione del target al momento dell'invio. Il software a disposizione sul Transceiver integra le diverse tecnologie di localizzazione, Wi-Fi, ZigBee, RFid, Bluetooth e GPS contemporaneamente.

2.4 Utente

E' necessario specificare che ad ogni utente possono essere associati più client, il che significa che la posizione individuata grazie al server non appartiene necessariamente all'utente ma ad uno dei client associati. Questa estensione è stata valutata per permettere di registrare più client per singolo utente (la stessa persona potrebbe ad esempio possedere più smartphone o più dispositivi CAMMEO). Tale concetto, in questa fase, non è estendibile al Cammeo Transceiver per il quale è previsto un dispositivo univoco per ogni utente.

2.5 Scenario

Uno scenario è una narrazione che descrive le interazioni tra i diversi tipi di utenti/attori e il sistema, o tra due componenti software del sistema stesso. Queste descrizioni includono obiettivi, aspettative, azioni e reazioni. Forniscono una descrizione pratica, scritta in linguaggio naturale senza tecnicismi, che permettono di capire e valutare il sistema e i suoi servizi anche ad utenti non esperti. Principalmente vengono utilizzati per descrivere i compiti che ciascun utente potrà svolgere interagendo con il sistema.

2.6 Use cases

La definizione degli use cases è la tecnica utilizzata per la definizione dei requisiti di sistema. Ogni use case fornisce uno o più scenari che evidenziano come il sistema può e deve interagire con l'utente/attore per raggiungere un determinato obiettivo o svolgere una determinata funzione. Gli attori di questi use cases possono essere utenti finali o altri sistemi. Gli use cases descrivono un'attività o una serie di attività che l'utente potrà compiere utilizzando CAMMEO e le relative risposte di sistema.

2.7 Attori

La piattaforma CAMMEO coinvolge i seguenti attori:

- **Utente CAMMEO (UC)**: persona fisica possessore di almeno un dispositivo sul quale è installato il CC.
- **Osservatore (OC):** è un utente del sistema al quale possono far riferimento uno o più UC.
- **Amministratore di sistema (AS)**: persona fisica che gestirà la registrazione degli utenti, la manutenzione dei client e della piattaforma e avrà accesso a tutte le informazioni del sistema come le posizioni degli utenti.
- **Amministratore server mappe (ASM)**: persona fisica incaricata di gestire il server di mappe, inserendo, modificando o eliminando mappe indoor e outdoor.
- **Amministratore di sistema Transceiver (AST)**: persona fisica che gestirà le componenti software/hardware presenti nel dispositivo, la manutenzione degli applicativi e della piattaforma e avrà accesso a tutte le informazioni del sistema.

Questi attori giocano ruoli differenti in accordo con le definizioni indicate nel successivo paragrafo.

2.8 Ruoli

I ruoli degli attori coinvolti nella piattaforma CAMMEO sono i seguenti:

- L'**Utente CAMMEO** utilizza i servizi location-based forniti dal CAMMEO Service o dal CAMMEO Transceiver.
- L'**osservatore** ha la possibilità di visualizzare la posizione di più utenti del sistema contemporaneamente.
- L'**amministratore di sistema** verifica e autorizza i vari utenti finali all'utilizzo dei servizi di localizzazione. Fornisce il supporto e la manutenzione del server CAMMEO ove necessario e aggiorna il server per l'aggiunta di nuove funzionalità. Ha inoltre la possibilità di visualizzare le posizioni di tutti gli utenti collegati al server.
- L'**amministratore del server di mappe** fornisce il supporto necessario ad installare, modificare o eliminare nuove mappe indoor e a gestire le attuali mappe outdoor.
- L'**amministratore di sistema transceiver** compie attività di manutenzione e validazione del dispositivo messo a disposizione dei vari utenti. Fornisce il supporto e aggiornamento dei dispositivi e applicativi per l'aggiunta di nuove funzionalità e per la risoluzione di problemi. Si interfaccia con l'amministratore di sistema e del server di mappe per coordinare il funzionamento della piattaforma CAMMEO.

3 Casi d'uso

In questa sezione sono presentati numerosi casi d'uso che rappresentano le funzionalità principali della piattaforma CAMMEO. Queste funzionalità sono state suddivise per i 5 attori principali e per i vari casi d'uso di alto e di basso livello. I casi d'uso di alto livello rappresentano i ruoli di ogni attore coinvolto: utente CAMMEO, osservatore, amministratore di sistema, l'amministratore di server e mappe e l'amministrazione di sistema transceiver.

3.1 Scenario

La tabella seguente riporta lo scenario utilizzato per la definizione dei casi d'uso che porteranno all'analisi dei requisiti funzionali e non funzionali. In questo scenario vengono riportate una serie di interazioni con la piattaforma CAMMEO durante un reale periodo di funzionamento. La tabella inoltre cerca di ricostruire in un singolo macro scenario ogni use case di basso livello individuato e descritto successivamente in questo documento. Vengono inoltre specificati gli attori coinvolti per ogni caso d'uso.

Scenario Cammeo Service	User case	Attori coinvolti
Il Tecnopolo Tiburtino di Roma, avanza la richiesta dell'integrazione di CAMMEO come servizio di utilità per le aziende insediate. Richiede l'intervento per digitalizzare gli edifici.	Aggiornamento mappe indoor	ASM
Viene inoltre richiesto l'intervento per inserire nella piattaforma i servizi che possono essere utilizzati dalle aziende all'interno degli edifici come fotocopiatrici, stampanti, sportelli, connessioni internet etc.	Inserimento di punti di interesse	ASM
La società Progesi decide di dotare i suoi dipendenti del sistema CAMMEO, fornendo smartphone dotati di tecnologie WiFi, Bluetooth e GPS con installato il CAMMEO Service. Ogni dipendente viene registrato e ogni client associato viene abilitato ad utilizzare i servizi di CAMMEO.	Gestione utenti e/o client	AS
Andrea, dipendente di Progesi con sede Roma, deve recarsi nella sede di T-Connect al Tecnopolo Tiburtino (Roma) per un meeting e	Autenticazione utente. Localizzazione outdoor e visualizzazione della	UC

pianifica di arrivarci utilizzando l'auto aziendale. Avvia il CAMMEO Service e inserisce le credenziali utente. Attende infine che l'applicazione visualizzi la sua posizione attuale.	posizione	
Andrea utilizza il CAMMEO Service per scegliere il percorso per raggiungere la sede di T-Connect.	Visualizzazione del percorso	UC
Andrea inizia il suo viaggio seguendo le indicazioni fornite dal CAMMEO Service.	Navigazione sulla mappa	UC
Arrivato al Tecnopolo Tiburtino, entra nell'edificio dove ha sede T-Connect, ma non conosce il percorso per arrivare alla sala riunioni stabilita per l'appuntamento. Utilizza quindi CAMMEO Service per trovare il percorso per arrivarci.	Localizzazione indoor, passaggio outdoor-indoor e visualizzazione del percorso	UC
In ascensore Andrea si rende conto di non avere con se una copia cartacea della relazione per il meeting; decide quindi di cercare una stampante nell'edificio.	Ricerca e visualizzazione punti di interesse.	UC
Nella sede di T-Connect, un collega di Andrea per sapere dove si trova, visto il ritardo accumulato, decide di consultare CAMMEO per vedere dove si trova attualmente Andrea.	Visualizzazione degli utenti del sistema	AS, OC
Una volta arrivato nella sala riunioni, Andrea utilizza il CAMMEO Service per trovare le informazioni relative alle connessioni internet disponibili nella stanza in cui si trova.	Ricerca e visualizzazione punti di interesse.	UC

Tabella 1 Scenario CAMMEO Service

Scenario Cammeo Transceiver	User case	Attori coinvolti
Andrea si trova in un parcheggio e avvia la procedura di localizzazione: invio dei dati di posizione verso il server remoto (di destinazione).	Avvio Localizzazione Invio Dati di Localizzazione	UC
Il Pannello Web-Based integrato nella User Interface del Server remoto, visualizza la posizione dell'utente Cammeo.	Calcolo posizione Visualizzazione posizione	AST
Andrea si trova all'interno di un edificio e accusa un malore. Effettua quindi una richiesta di soccorso premendo il pulsante del dispositivo di localizzazione di cui è dotato. Avvia in questo modo il processo di localizzazione indoor.	Avvio Localizzazione Invio Dati della rete di sensori rilevata	UC

Tabella 2 Scenario CAMMEO Transceiver

3.2 Casi d'uso per l'utente CAMMEO

In Figura 1 sono rappresentati i casi d'uso precedentemente descritti e gli attori coinvolti. Di seguito verranno descritti i casi d'uso che coinvolgono i 5 attori principali. Per ogni caso d'uso viene esplicitato lo stato del sistema prima e dopo il caso, gli eventi che intercorrono, gli attori e i componenti di sistema coinvolti, nonché variazioni, estensioni e regole di business che dovranno essere applicate di volta in volta.

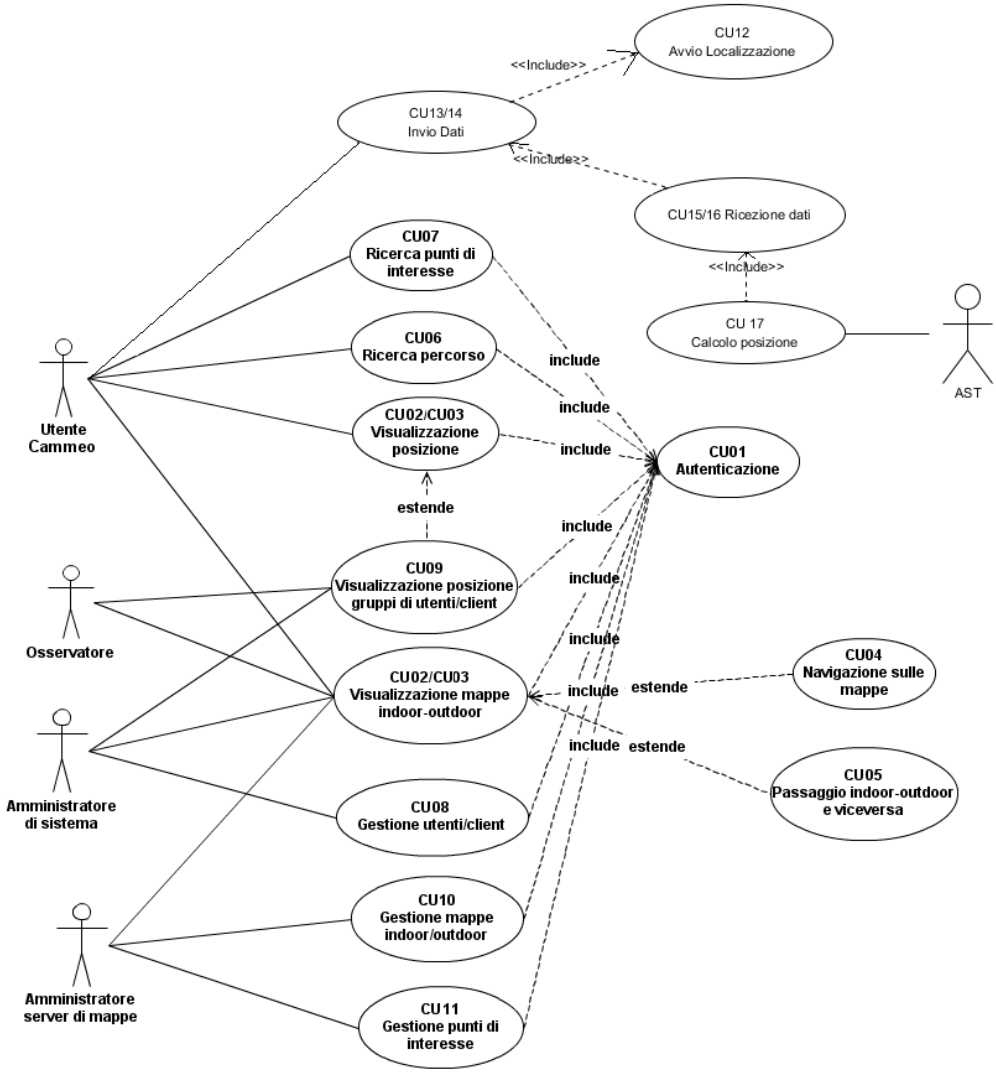

Figura 1 Casi d'uso e attori coinvolti

3.2.1 CU01 Autenticazione utente

Obiettivo: L'utente deve accedere alla schermata principale dell'applicazione

Pre-condizioni: Il CAMMEO Service ha accesso al server CAMMEO tramite rete internet.

Post-condizioni: Il CAMMEO Service notifica il successo dell'avvenuta autenticazione utente. Se è un CAMMEO Service visualizza la schermata di benvenuto.

Attore primario: utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Service e CAMMEO Server.

Sequenza di azioni:

1. L'utente avvia il CAMMEO Service
2. Il CAMMEO Service richiede l'inserimento di una username e password
3. L'utente inserisce le proprie credenziali utente
4. Il CAMMEO Service richiede al server la verifica delle credenziali utente assieme al ID del client.
5. Il server verifica le credenziali utente.
6. Il server risponde con un messaggio di successo di autenticazione.
7. Il CAMMEO Service reindirizza l'utente alla schermata di benvenuto.

Variazioni:

I punti 2, 3 e 7 sono presenti solamente nel CAMMEO Service che fornisce un sistema di interazione con l'utente. Il CAMMEO Transceiver invece utilizzerà un sistema di autenticazione automatico senza l'intervento dell'utente. Username e password saranno memorizzate all'interno del dispositivo.

Al punto 5 il server può verificare che le credenziali utente non siano valide e risponde con un messaggio di insuccesso alla richiesta di autenticazione. A questo punto verrà mostrato un messaggio di notifica di errore e può ripresentare la form per l'inserimento delle credenziali.

Estensioni: nessuna

Regole di business:

Ogni client ha un ID univoco.

Le credenziali utente devono essere inviate assieme all'ID del client utilizzato.

Vincoli/problemi/rischi: Il client deve necessariamente essere connesso ad internet per richiedere l'autenticazione ed avere accesso al CAMMEO Server.

3.2.2 CU02 Visualizzazione della posizione e localizzazione outdoor

Obiettivo: L'utente vuole visualizzare la propria posizione.

Pre-condizioni: Include CU01. L'utente si trova in un ambiente a cielo aperto.

Post-condizioni: Il CAMMEO Service visualizzerà la mappa della zona in cui si trova l'utente e un icona che rappresenta la sua posizione.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Service, CAMMEO Server.

Sequenza di azioni:

1. L'utente conferma l'autorizzazione ad essere localizzato.
2. Il CAMMEO Service determina le tecnologie di localizzazione disponibili sul terminale utente.
3. Il CAMMEO Service avvia i moduli per la ricezione dei dati di localizzazione delle tecnologie disponibili.
4. Il CAMMEO Service inizia a ricevere i dati provenienti dalla tecnologia GPS
5. Il CAMMEO Service invia al server i dati provenienti dal GPS
6. Il server memorizza i dati della posizione del client in un database.
7. Il CAMMEO Service richiede la posizione elaborata utente.
8. Il Cammeo Server ritorna l'ultima posizione disponibile
9. Il CAMMEO Service riceve la posizione e richiede la mappa relativa indicando le dimensioni massime all'interno delle quali deve essere visualizzata e il livello di zoom.
10. Il Server calcola e reindirizza le immagini relative ai dati ricevuti dal CAMMEO Service.
11. Il CAMMEO Service visualizza la mappa e l'icona di posizione utente.

Variazioni:

Al punto 4 se il CAMMEO Service non dispone di un dispositivo GPS o il dispositivo GPS in quel momento è spento o il dispositivo GPS è fuori copertura, CAMMEO Service non sarà in grado di calcolare la posizione dell'utente.

Estensioni:

Al punto 1 se l'utente non conferma l'autorizzazione, il CAMMEO Service non può procedere a determinare la posizione utente. E' possibile inserire un'opzione per l'autorizzazione automatica da parte dell'applicazione.

Se al punto 4 sono disponibili sia le informazioni GPS che le informazioni di una tecnologia di localizzazione indoor (WiFi e/o Bluetooth/Zigbee), si può presupporre che l'utente è nelle vicinanze di un ambiente indoor ma non è ancora all'interno.

Regole di business:

L'utente deve confermare l'autorizzazione ad essere localizzato mediante differenti tecnologie di localizzazione.

Se sono disponibili le informazioni di localizzazione GPS, queste saranno le uniche informazioni ad essere utilizzate per determinare la posizione.

Vincoli/problemi/rischi: Il CAMMEO Service deve necessariamente essere connesso ad internet per prelevare le mappe e/o per il calcolo della posizione.

Per la localizzazione outdoor è necessario che il CAMMEO Service abbia una tecnologia GPS attiva e sotto copertura per rilevare la propria posizione.

3.2.3 CU03 Visualizzazione della posizione e localizzazione indoor

Obiettivo: L'utente vuole visualizzare la sua posizione.

Pre-condizioni: Include CU01. L'utente si trova in un ambiente confinato privo di copertura GPS. L'utente ha precedentemente confermato l'autorizzazione ad essere localizzato.

Post-condizioni: Il CAMMEO Service visualizza la mappa indoor dell'ambiente circostante l'utente e fornisce un'icona che rappresenta la sua posizione.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Service e CAMMEO Server.

Sequenza di azioni:

1. Il CAMMEO Service determina le tecnologie di localizzazione disponibili sul terminale utente.
2. Il CAMMEO Service avvia i moduli per la ricezione dei dati di localizzazione delle tecnologie disponibili.
3. Il CAMMEO Service inizia a ricevere i dati provenienti dalle tecnologie di localizzazione indoor.
4. Ad intervalli regolari il CAMMEO Service invia al server i dati provenienti dai moduli di localizzazione.
5. Il server riceve i dati di posizione e li invia ai rispettivi motori di localizzazione per calcolare la posizione relativa alle differenti tecnologie.
6. Il server trilatera le posizioni risultanti dai motori di localizzazione ottenendo un'unica posizione per il CAMMEO Service.
7. Il server memorizza i dati della posizione del CAMMEO Service in un database.
8. Il CAMMEO Service richiede la posizione elaborata utente.

9. Il server ritorna l'ultima posizione disponibile.
10. Il CAMMEO Service riceve la posizione e richiede la mappa relativa indicando le dimensioni massime all'interno delle quali deve essere visualizzata e il livello di zoom.
11. Il server calcola e reindirizza le immagini relative ai dati ricevuti dal CAMMEO Service.
12. Il CAMMEO Service visualizza la mappa e l'icona di posizione utente.

Variazioni:

Al punto 1 se il CAMMEO Service non rileva tecnologie di localizzazione indoor disponibili, l'applicazione non può determinare la posizione dell'utente.

Al punto 5 se il server determina che non ci sono le condizioni necessarie per la localizzazione indoor, l'applicazione non può determinare la posizione dell'utente.

Estensioni: nessuna

Regole di business:

Il CAMMEO Service deve inviare i dati al server ad intervalli dell'ordine del secondo.

Il server deve trilaterale le posizioni dei differenti motori di localizzazione solamente dopo che questi hanno determinato e salvato l'esatta posizione utente.

Per determinare una posizione indoor sono necessari i dati provenienti da almeno una tecnologia indoor (Wi-Fi/Bluetooth/ZigBee).

Vincoli/problemi/rischi: Il CAMMEO Service non conosce a priori in quale ambiente si trova e le reti Wi-Fi o i dispositivi Bluetooth/ZigBee rilevati sono stati mappati nel CAMMEO Server; questo può provocare un invio continuo di dati non rilevanti dal CAMMEO Service al Server ai fini della localizzazione.

3.2.4 CU04 Navigazione sulla mappa

Obiettivo: L'utente vuole spostare e zoomare a piacimento la mappa per poterla visualizzare.

Pre-condizioni: Include CU01. Estende CU02 e CU03.

Post-condizioni: Il CAMMEO Service permette all'utente di spostare la mappa nelle quattro direzioni (pan) e di zoomare in un punto definito dall'utente.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Service

Sequenza di azioni:

1. L'utente utilizza le funzioni grafici a disposizione dell'interfaccia utente per spostare la mappa nelle 4 direzioni cardinali.
2. Il CAMMEO Service verifica la richiesta di modifica dell'attuale visualizzazione e verifica se è l'azione può essere effettuata direttamente o con l'intervento del server

   a. Se il CAMMEO Service rileva che lo spostamento richiede una nuova porzione di mappa, la richiede al server
   b. Il server verifica la disponibilità della porzione di mappa desiderata
   c. Il server risponde con la porzione di mappa desiderata
3. Il CAMMEO Service acconsente allo spostamento della mappa e visualizza la nuova porzione.
4. L'utente utilizza la funzione di zoom in e zoom out
5. Il CAMMEO Service verifica se la richiesta può essere effettuata senza l'intervento del server
   a. Se il CAMMEO Service non dispone delle immagini o delle porzioni di mappa che rappresentano il livello di zoom voluto, l'applicazione client richiede al server i nuovi dati
   b. Il server verifica la disponibilità della porzione di mappa desiderata
   c. Il server risponde con la porzione di mappa desiderata
6. Il CAMMEO Service acconsente allo spostamento della mappa e visualizza la nuova porzione.

Variazioni: le variazioni sono già indicate nella sequenza di eventi e sono relative alla possibilità del CAMMEO Service di utilizzare la propria cache per effettuare determinate azioni.

Estensioni: L'utente potrebbe aver bisogno di attivare l'opzione di seguire la sua posizione nella mappa, in modo di visualizzare la propria posizione sempre al centro della mappa anche quando cambia.

Regole di business:

Un utente CAMMEO può visualizzare solo la posizione del CAMMEO Service che sta utilizzando in quel momento.

Vincoli/problemi/rischi: I confini di visualizzazione di una mappa indoor o outdoor sono definiti a priori dal server. Il CAMMEO Service e il CAMMEO Server hanno la necessità di limitare l'utilizzo degli strumenti di pan e zoom in base ai vincoli dei confini.

3.2.5 CU05 Passaggio indoor-outdoor e viceversa

Obiettivo: L'utente deve poter passare da un ambiente indoor ad un ambiente outdoor. Al passaggio da un ambiente ad un altro il CAMMEO Service deve automaticamente visualizzare la relativa mappa.

Pre-condizioni: Include CU01. Estende CU02 e CU03.

Post-condizioni: Quando il CAMMEO Service CAMMEO rileva di essere in una ambiente outdoor deve visualizzare automaticamente la mappa outdoor.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Service

Sequenza di azioni:

1. L'utente si sposta verso un ambiente outdoor.
2. Il CAMMEO Service richiede al server la propria posizione.
3. Il server risponde di non aver nessuna posizione valida disponibile.
4. Il CAMMEO Service richiede il timestamp dell'ultima posizione disponibile
5. Il CAMMEO Service determina che il tempo trascorso dall'ultima posizione disponibile è superiore ai 10 secondi e visualizza invia una notifica all'utente informandolo che non è possibile attualmente determinare la sua posizione.
6. Il CAMMEO Service rileva dei dati validi per la tecnologia GPS.
7. Il CAMMEO Service invia i nuovi dati disponibili al server e ne richiede la posizione esatta.
8. Il CAMMEO Service visualizza la nuova mappa outdoor e la posizione dell'utente.

Variazioni:

La stessa sequenza di azioni può essere pensata per un utente che da un ambiente outdoor si sposta verso un ambiente indoor.

L'arco temporale che determina la mancanza di segnali per determinare la posizione può variare e deve essere valutato in fase di test.

Estensioni: E' possibile implementare una funzionalità che, a seconda della direzione dell'utente precedente alla mancanza di dati di posizione, venga fornita una un'ipotesi di posizione.

Regole di business:

Ogni posizione salvata sul server deve contenere anche il proprio timestamp.

Vincoli/problemi/rischi: Dopo un arco temporale definito, entro il quale non sono disponibili dati di posizione, è possibile assumere che il CAMMEO Service si trovi in un ambiente non coperto da tecnologia CAMMEO o che il client sia stato disabilitato.

3.2.6 CU06 Ricerca del percorso

Obiettivo: L'utente richiede di visualizzare il percorso più breve tra due punti definiti sulla mappa.

Pre-condizioni: include CU01.

Post-condizioni: Il CAMMEO Service visualizza il percorso più breve tra i due punti indicati dall'utente.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Service e CAMMEO Server

Sequenza di azioni:

1. L'utente identifica un punto di partenza ed un punto di arrivo sulla mappa per calcolare un percorso.
2. Il CAMMEO Service invia i due punti al server per il calcolo del percorso.
3. Il server verifica le coordinate dei due punti e se possibile ne calcola il percorso più breve.
4. Il server invia al client la descrizione del percorso
5. Il CAMMEO Service visualizza il percorso ricevuto dal server.

Variazioni: E' possibile richiedere dei percorsi che partano da un ambiente outdoor e arrivino ad un ambiente indoor.

Estensioni: E' possibile aggiungere dei punti intermedi al percorso. E' possibile specificare i punti del percorso sia tramite una coordinata, che tramite un indirizzo.

Regole di business:

Per i punti indoor è necessario sempre specificare la mappa di riferimento.

Vincoli/problemi/rischi: nel caso in cui l'utente richieda un percorso in una mappa indoor, la mappa deve essere digitalizzata in un formato vettoriale che permetta al server di interpretarne le componenti interne (ambienti aperti, porte, ambienti comunicanti etc) per determinare il percorso più breve.

L'utente può richiedere un percorso tra due ambienti indoor non direttamente collegati.

3.2.7 CU07 Ricerca dei punti di interesse

Obiettivo: L'utente vuole visualizzare alcuni punti di interesse in una determinata zona.

Pre-condizioni: include CU01.

Post-condizioni: Il CAMMEO Service visualizza i punti di interesse richiesti nella zona richiesta.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Service e CAMMEO Server.

Sequenza di azioni:

1. L'utente richiede di visualizzare la funzionalità di ricerca punti di interesse.
2. Il CAMMEO Service visualizza una schermata contenente una lista di categorie di punti di interesse e un campo di testo per la ricerca libera.
3. L'utente seleziona una categoria di punti di interesse e avvia la ricerca.
4. Il CAMMEO Service interroga il server sulla presenza o meno di punti di interesse che possono soddisfare la richiesta dell'utente.
5. Il server valuta la posizione visualizzata dall'utente e possibili i punti di interesse nelle vicinanze.
6. Il CAMMEO Service riceve i punti di interesse corrispondenti alla ricerca dell'utente e l'applicazione li visualizza sulla mappa.

Variazioni: L'utente può inserire nel campo di testo un nome di un esercizio commerciale, di un museo o di una categoria per effettuare una ricerca libera.

Estensioni: L'utente ha la possibilità di selezionare a priori la zona in cui effettuare la ricerca.

Regole di business:

Le categorie di punti di interesse individuate possono variare da un ambiente indoor ad un ambiente outdoor.

Vincoli/problemi/rischi: Il campo di testo per la ricerca lascia troppe libertà e la possibilità di ottenere pochi risultati se il testo ricercato non è abbastanza preciso.

3.2.8 CU08 Gestione utenti e/o client

Obiettivo: L'amministratore di sistema deve poter gestire gli utenti e i client ad essi associati.

Pre-condizioni: Include CU01. Un utente ha fatto richiesta di registrazione/abilitazione/modifica dei suoi dati e del client associato o l'amministratore ha la necessità di gestire alcuni dati utente.

Post-condizioni: Le modifiche si riflettono sul sistema e sul comportamento del client.

Attore primario: Amministratore di sistema

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Server.

Sequenza di azioni:

1. L'amministratore richiede l'apertura dell'interfaccia grafica relativa alla gestione utenti e client
2. L'amministratore accede alla sezione dedicata all'inserimento di un nuovo utente, inserisce i dati nella form e la sottomette.
3. Il server verifica la correttezza dei dati e l'univocità dell'utente. Se i dati sono corretti inserisce un nuovo utente nel database CAMMEO con i dati forniti dall'amministratore

4. L'amministratore accede alla sezione dedicata all'inserimento dei dati di un nuovo client, e compila la form con i dati del client
5. Il server verifica la correttezza dei dati e l'univocità dell'client e l'appartenenza ad un utente esistente. Se i dati sono corretti inserisce un nuovo utente nel database CAMMEO con i dati forniti dall'amministratore.
6. L'amministratore richiede l'abilitazione dell'utente e del client associato.
7. Il server verifica le condizioni per abilitare l'utente e il client associato e agisce di conseguenza abilitandolo o negando l'abilitazione.

Variazioni: Se i dati utente o client non sono corretti: dati della form mancanti, inconsistenza dei dati (associazione utente-client), il server ritornerà un messaggio di notifica dell'impossibilità di prosecuzione con una conseguente nota su quali siano le possibili cause.

Se le condizioni di abilitazione non sono sufficienti è possibile che l'utente finale non sia abilitato all'utilizzo della piattaforma o che il client sia escluso dai servizi offerti da CAMMEO.

Estensioni: Ogni utente/client può essere associato ad un gruppo, che fa riferimento ad esempio ad una società che utilizza la piattaforma CAMMEO o ad un gruppo di lavoro che utilizza un certo numero di dispositivi CAMMEO Service/Transceiver.

Regole di business: Un utente può registrare uno o più client.

Ogni client deve essere associato ad un utente.

Ogni dispositivo che ha installato un client CAMMEO Service o Transceiver è identificato univocamente nel sistema.

Vincoli/problemi/rischi: nessuno

3.2.9 CU09 Visualizzazione degli utenti nel sistema

Obiettivo: L'amministratore di sistema deve visualizzare la posizione dei client del sistema.

Pre-condizioni: Include CU01**.** Estende CU02/CU03**.** Almeno un client CAMMEO Service o Transceiver è registrato e ha inviato dati sulla sua posizione al server.

Post-condizioni: Il server metterà a disposizione tabelle e le mappe per visualizzare i client connessi al sistema e le loro posizioni.

Attore primario: Amministratore di sistema

Attore secondario: Osservatore

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Server, Service e Transceiver.

Sequenza di azioni:

1. L'amministratore di sistema accede alla sezione dedicata alla visualizzazione degli utenti del sistema
2. Il server genera una lista di utenti e di client attualmente attivi nel sistema e la presenta all'amministratore
3. L'amministratore accede alla sezione grafica del sistema di visualizzazione utenti
4. Il server genera una lista di mappe nelle quali sono attivi almeno un client e le presenta all'amministratore.
5. L'amministratore seleziona una mappa
6. Il server reindirizza la mappa e inserisce degli elementi grafici che rappresentano le posizioni dei client attivi su quella mappa

Variazioni: Se non esistono client CAMMEO attivi in quel momento, non viene visualizzata nessuna mappa e nessun client. E' possibile quindi passare alla visualizzazione storica dove le posizioni dei client visualizzati rappresentano l'ultima posizione aggiornata dello stesso.

Estensioni: L'osservatore ha la possibilità di utilizzare le stesse funzionalità per i gruppi di client a lui associati.

Regole di business: un client è attivo se l'ultimo dato di posizione disponibile è stato aggiornato da non più di 1 minuto.

Vincoli/problemi/rischi: Per una visualizzazione in real-time è necessario che almeno un client sia attivo e connesso al server.

Casi d'uso per l'amministratore del server di mappe

3.2.10 CU10 Gestione mappe indoor/outdoor

3.2.10.1 Descrizione caso d'uso

Obiettivo: L'amministratore del server di mappe deve poter gestire, inserire, modificare ed eliminare una mappa indoor.

Pre-condizioni: Include CU01. Se è necessario inserire una nuova mappa, questa deve essere digitalizzata in un formato specifico definito dal sistema e dal server di mappe utilizzato.

Post-condizioni: la mappa può essere utilizzata dagli utenti attraverso il client

Attore primario: ASM

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Server.

Sequenza di azioni:

1. Viene effettuato un sopralluogo tecnico nella zona dove installare il sistema CAMMEO per valutare la sussistenza dei requisiti tecnici per l'installazione o il riutilizzo di dispositivi wireless per la localizzazione.
2. Viene digitalizzata la piantina della zona di interesse (edificio, ufficio etc.)
3. Vengono mappate le posizioni e le tipologie di tecnologie di localizzazione installate nella zona di interesse
4. L'amministratore del server di mappe accede alla sezione dedicata alla creazione di una nuova mappa indoor.
5. L'amministratore inserisce i dati relativi alla nuova mappa (edificio, posizione, piano, dimensioni) e carica l'immagine della piantina.
6. Il server verifica la correttezza dei dati, e carica in un repository l'immagine della piantina indoor.

Variazioni: la digitalizzazione può essere effettuata per uno ufficio, per un piano o per un intero edificio o gruppo di edifici.

Estensioni: è possibile aggiungere e delimitare zone di interesse o punti di interesse all'interno della mappa identificata utilizzando formati di immagine vettoriali.

Regole di business: La mappa indoor deve essere univoca e rappresentare un unico piano o una zona di un piano di un edificio/costruzione.

Vincoli/problemi/rischi: Se la digitalizzazione e la mappatura non vengono effettuate accuratamente possono provocare degli errori nella localizzazione del client.

Se le tecnologie di localizzazione sono scarse (pochi tag RFID/Bluetooth, Zigbee o un limitato numero di access point wifi) la localizzazione di un client potrebbe essere difficoltosa.

3.2.11 CU11 Gestione di punti di interesse

Obiettivo: Aggiungere un nuovo punto di interesse o zona di interesse in una mappa presente sul CAMMEO Server

Pre-condizioni: include CU01/CU10. La mappa sulla quale si vogliono mappare dei punti di interesse deve essere già presente sul server

Post-condizioni: il client può ricercare e visualizzare il punto di interesse inserito sulla mappa

Attore primario: ASM

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Server.

Sequenza di azioni:

1. L'ASM accede alla sezione dedicata alla gestione dei punti di interesse
2. La piattaforma visualizza le operazioni di inserimento, modifica e cancellazione di un punto di interesse.
3. L'ASM accede alla sezione dedicata all'inserimento di un nuovo punto di interesse
4. L'ASM specifica la mappa e le caratteristiche del punto di interesse (posizione, informazioni)
5. Il CAMMEO server verifica la correttezza dei dati e inserisce il nuovo punto di interesse nel database.
6. L'ASM accede alla sezione dedicata alla modifica dei punti di interesse
7. Il server genera la lista dei punti di interesse suddivisa per mappe indoor e per aree outdoor.
8. L'ASM seleziona un punto di interesse dalla lista fornitagli
9. La piattaforma visualizza le informazioni e i dettagli del punto di interesse selezionato
10. L'ASM modifica il punto di interesse e conferma la modifica
11. Il server verifica la correttezza dei dati e salva le modifiche sul database.
12. L'ASM accede alla sezione dedicata all'eliminazione dei punti di interesse
13. Il server genera la lista dei punti di interesse suddivisa per mappe indoor e per aree outdoor.
14. L'ASM seleziona un punto di interesse dalla lista fornitagli e conferma l'eliminazione
15. Il server verifica la possibilità di eliminazione del punto di interesse e procede con l'eliminazione.

Variazioni: nella verifica dei dati di modifica, eliminazione o inserimento il server può non confermare l'operazione per via di errori di compilazione o inconsistenza dei dati. In questo caso il server fornirà un messaggio di notifica all'ASM informandolo del problema e delle possibili cause.

Estensioni: E' possibile inserire sia punti di interesse che zone di interesse specificandone l'area.

Regole di business: Un punto di interesse deve essere associato ad una ed una sola mappa.

Vincoli/problemi/rischi: Zone di interesse dai confini complessi possono provocare un calo di performance dell'applicazione. L'informazione associata ad un punto di interesse può essere di varia natura (testo, immagini, video, audio, link). È necessario definire una modalità di rappresentazione di questi dati.

3.2.12 CU12 Avvio Localizzazione

Obiettivo: L'utente vuole attivare il dispositivo di cui è dotato per avviare la procedura di localizzazione, in tal modo sarà possibile ricevere un soccorso. Sarà quindi richiesto di interrogare la network di sensori a disposizione per effettuare successivamente la localizzazione.

Pre-condizioni: L'utente si trova a cielo aperto o in un edificio.

Post-condizioni: Il dispositivo avrà memorizzato i dati di posizione relativi ai vari hotspots rilevati.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Transceiver.

Sequenza di azioni:

1. L'utente avvia la richiesta di soccorso attivando così il dispositivo transceiver.
2. L'applicativo Network Scanner attiva la tecnologia GNSS e le altre tecnologie sulla base di un algoritmo di priorità presente a bordo del dispositivo stesso.

Variazioni:

Al punto 2 se il CAMMEO Transceiver non dispone di un dispositivo GPS o il dispositivo GPS in quel momento è spento o il dispositivo GPS è fuori copertura, CAMMEO Transceiver non sarà in grado di acquisire le coordinate della posizione dell'utente mediante la tecnologia outdoor.

Estensioni:

Se al punto 2 viene escluso l'utilizzo della tecnologia GPS, allora, in base all'algoritmo di priorità, l'acquisizione delle coordinate viene gestita da una tecnologia di localizzazione indoor (Wi-Fi e/o Bluetooth/ZigBee e/o RFiD), e si può presupporre che l'utente sia nelle vicinanze di un ambiente indoor.

Regole di business:

L'utente deve essere localizzato mediante tecnologie di localizzazione basate su sistemi GNSS o Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth ed RFid nel caso indoor.

Vincoli/problemi/rischi:

Per la localizzazione outdoor è necessario che il CAMMEO Transceiver abbia una tecnologia GPS (GNSS) attiva e sotto copertura per rilevare la propria posizione.

Per la localizzazione indoor è necessario che il CAMMEO Transceiver abbia almeno una tecnologia indoor (Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, RFid) attiva e sotto copertura per rilevare la propria posizione.

Il dispositivo dovrà inoltre avere sempre sufficiente autonomia energetica per inviare le informazioni necessarie al server per il calcolo della posizione.

3.2.13 CU13 Invio dati di posizione C.T. per localizzazione outdoor

Obiettivo: L'utente vuole inviare i dati relativi alla propria posizione.

Pre-condizioni: L'utente si trova in un ambiente a cielo aperto. Include il CU12.

Post-condizioni: Il CAMMEO Server potrà interfacciare i dati per la visualizzazione della posizione dell'utente nella mappa della zona in cui si trova attraverso le coordinate geo referenziate GNSS.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Transceiver e, in fase di connessione, anche il CAMMEO Server.

Sequenza di azioni:

1. L'applicativo Network Scanner attiva la tecnologia GNSS .
2. Il Cammeo Transceiver, grazie al device GNSS, acquisisce i dati di localizzazione, provenienti dalla costellazione GPS. Passerà invece a interrogare gli altri sensori nel caso in cui si trovi al chiuso, secondo quanto previsto nell'algoritmo di priorità.
3. Si stabilisce una connessione tra dispositivo e server
4. I dati di localizzazione (latitudine e longitudine) vengono opportunamente formattati e inviati al Cammeo Server.

Variazioni:

Se al punto 1 il CAMMEO Transceiver non dispone di un dispositivo GPS o il dispositivo GPS in quel momento è spento o il dispositivo GPS è fuori copertura, CAMMEO Transceiver non sarà in grado di calcolare la posizione dell'utente mediante la tecnologia outdoor.

Estensioni:

Se al punto 1 viene escluso l'utilizzo della relativa tecnologia, allora, in base all'algoritmo di priorità, l'acquisizione delle coordinate viene gestita da una tecnologia di localizzazione indoor (Wi-Fi e/o Bluetooth/ZigBee), e si può presupporre che l'utente sia nelle vicinanze di un ambiente indoor.

Regole di business:

L'utente deve essere localizzato mediante tecnologie di localizzazione basate su sistemi GNSS.

Vincoli/problemi/rischi:

Per la localizzazione outdoor è necessario che il CAMMEO Transceiver abbia una tecnologia GPS (GNSS) attiva e sotto copertura per rilevare la propria posizione.

3.2.14 CU14 Invio dati di posizione C.T. per localizzazione indoor

Obiettivo: L'utente vuole inviare i dati relativi alla propria posizione.

Pre-condizioni: L'utente si trova in un ambiente chiuso. Include il CU12.

Post-condizioni: Il CAMMEO Server visualizzerà la mappa/planimetria della zona in cui si trova l'utente attraverso le coordinate della rete di sensori.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Transceiver e, in fase di connessione, precedente al calcolo della posizione (successivo caso d'uso), compare anche il CAMMEO Server.

Sequenza di azioni:

1. La tecnologia GNSS non è disponibile e l'applicativo Network Scanner passa ad analizzare la rete di sensori relativa alle tecnologie successivamente presenti nell'algoritmo di priorità.
2. Viene adottata la tecnologia indoor in successione secondo quanto gestito dall'algoritmo di priorità, eventualmente anche in modalità combinata tra le varie tecnologie disponibili.
3. I dati della Sensor Network abilitata vengono acquisiti dal dispositivo.
4. Si stabilisce una connessione tra dispositivo e server e i dati acquisiti vengono opportunamente formattati e inviati al Cammeo Server.

Variazioni:

Se non si dispone di almeno uno dei dispositivi indoor o il dispositivo indoor in quel momento non acquisisce nessuna Sensor Network, il CAMMEO Transceiver non sarà in grado di calcolare la posizione dell'utente mediante la tecnologia indoor selezionata.

Estensioni:

Nessuna.

Regole di business:

L'utente deve essere localizzato mediante differenti tecnologie di localizzazione indoor, eventualmente anche combinate tra loro fornendo così una soluzione ibrida.

Vincoli/problemi/rischi:

Per la localizzazione indoor è necessario che il CAMMEO Transceiver abbia almeno una tecnologia indoor (Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, RFid) attiva e sotto copertura per rilevare la propria posizione.

3.2.15 CU15 Ricezione dati outdoor

Obiettivo: Il server vuole ricevere i dati relativi alla rete di sensori rilevata dal dispositivo che ha inviato la richiesta di soccorso (il dispositivo si trova a cielo aperto e quindi parliamo di una georeferenziazione mediante GNSS).

Pre-condizioni: L'utente si trova in un ambiente a cielo aperto ed ha almeno 4 satelliti in visibilità. Include CU13

Post-condizioni: Il CAMMEO Server riceverà le coordinate di latitudine e longitudine rilevate per poterle georeferenziare in una mappa outdoor.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Server e, durante la fase di trasmissione, il CAMMEO Transceiver.

Sequenza di azioni:

1. Il CAMMEO Transceiver ha avviato la connessione con il server e inviato i dati di latitudine e longitudine rilevati dai satelliti.
2. Il Server riceve la trama con i dati rilevati dal dispositivo.
3. Il Server si interfaccia con Google Maps per la visualizzazione della mappa.

Variazioni:

Se i dati non arrivano entro un timeout predeterminato la connessione viene sospesa.

Estensioni:

Controllo sulla connessione.

Regole di business:

I dati devono essere inviati secondo il protocollo di comunicazione Wi-Fi.

Vincoli/problemi/rischi:

Per l'invio e ricezione dei dati è necessario rispettare i tempi di timeout per evitare che la connessione decada.

3.2.16 CU16 Ricezione dati indoor

Obiettivo: Il server vuole ricevere i dati relativi alla rete di sensori rilevata dal dispositivo che ha inviato la richiesta di soccorso (il dispositivo si trova al coperto e quindi parliamo di una rete di sensori mista).

Pre-condizioni: L'utente si trova in un ambiente coperto supportato da rete di sensori wireless. Include CU14.

Post-condizioni: Il CAMMEO Server elaborerà i dati ricevuti attraverso un algoritmo di localizzazione scritto opportunamente per ottenere una posizione univoca che identifichi dove si trova il dispositivo.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Server, Cammeo AST e, durante la fase di connessione, il CAMMEO Transceiver.

Sequenza di azioni:

1. Il CAMMEO Transceiver ha avviato la connessione con il server e inviato i dati di MAC Address e RSSI, per le tecnologie che lo prevedono, rilevati dalla rete di sensori.
2. Il Server riceve la trama con i dati rilevati dal dispositivo e avvia il calcolo della posizione.

Variazioni:

Se i dati non arrivano entro un timeout prestabilito la connessione viene sospesa.

Estensioni:

Controllo sulla connessione.

Regole di business:

I dati devono essere inviati secondo il protocollo di gestione della comunicazione Wi-Fi.

Vincoli/problemi/rischi:

Per l'invio e ricezione dei dati è necessario rispettare i tempi di timeout per evitare che la connessione decada.

Se necessario l'AST deve poter aggiornare e gestire i dati della Sensor Network, contenuti nel relativo DB, onde evitare l'arrivo di dati da hotspots non riconosciuti.

3.2.17 CU17 Calcolo posizione (solo per localizzazione indoor)

Obiettivo: Il server vuole calcolare la posizione del dispositivo e visualizzarla su una mappa/planimetria.

Pre-condizioni: L'utente si trova in un ambiente chiuso supportato da network di diverse tecnologie. Include CU16.

Post-condizioni: Il CAMMEO Server visualizzerà la posizione dell'utente nella mappa/planimetria della zona in cui si trova l'utente attraverso le coordinate della rete di sensori.

Attore primario: Utente CAMMEO

Componenti di sistema coinvolte: CAMMEO Server, Cammeo AST.

Sequenza di azioni:

1. I dati della Sensor Network abilitata sono stati acquisiti dal dispositivo e opportunamente formattati e inviati al Cammeo Server.
2. Il Localization Manager del Cammeo Server avvia l'algoritmo di localizzazione e calcola la posizione del transceiver.
3. Il Server invia i dati della rete ricevuti e visualizza la mappa su un pannello web based.

Variazioni:

N.A.

Estensioni:

Laddove non ci fosse una rete opportuna per referenziare il dispositivo, CAMMEO non sarà in grado di localizzare.

Regole di business:

L'utente deve essere localizzato mediante differenti tecnologie di localizzazione indoor, eventualmente anche combinate tra loro fornendo così una soluzione ibrida delle tecnologie.

Vincoli/problemi/rischi:

Per la localizzazione indoor è necessario che il CAMMEO Transceiver abbia almeno una tecnologia indoor (Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, RFid) attiva e sotto copertura per permettere di rilevare la propria posizione.

Se non si dispone di un dispositivo indoor o il dispositivo indoor in quel momento non acquisisce nessuna Sensor Network, il CAMMEO Transceiver non sarà in grado di calcolare la posizione dell'utente mediante la tecnologia indoor selezionata

Qualora dovesse essere necessario aggiornare le mappe sul DB o inserirne di nuove, interviene l'amministratore di sistema transceiver (AST). Egli si occupa infatti dell'aggiornamento dei DB e di gestire eventuali problemi di carattere tecnico relativi al dispositivo.

4 Requisiti

4.1 Linee guida

Nei paragrafi successivi verranno utilizzate parole chiave per esprimere i requisiti. Queste parole chiave verranno scritte in maiuscolo e seguiranno le stesse regole specificate nei documenti IETF. Le parole chiave "DEVE", "NON DEVE", "è RICHIESTO", “è NECESSARIO” in questo documento devono essere interpretati come descritto nel RFC 2119 [2].

Di seguito saranno presentati i requisiti identificati in questa fase di analisi relativi ad i casi d’uso definiti precedentemente. Nelle fasi successive di design dell’architettura, saranno presi in considerazione sia i casi d’uso che i requisiti identificati per strutturare e identificare i componenti che costituiscono la piattaforma CAMMEO.

Caso d'Uso	RSF	Requisiti di sistema
CU01 Autenticazione utente	RSF001	CAMMEO DEVE fornire un sistema di autenticazione per ogni attore/utente del sistema
	RSF002	A seconda del ruolo di ciascun utente Utente CAMMEO, Osservatore, Amministratore di sistema, Amministratore del Server di Mappe, e Amministratore di sistema Transceiver, CAMMEO DEVE offrire accesso a funzionalità e interfacce utente specifiche per le sole funzionalità a disposizione dell'utente
CU02/CU03 Requisiti di visualizzazione della posizone	RSF003	DEVE essere possibile visualizzare graficamente la posizione del CAMMEO client
	RSF004	DEVE essere possibile visualizzare graficamente il livello di accuratezza della posizione del CAMMEO client
	RSF005	Il server CAMMEO DEVE fornire un sistema grafico per la gestione della visualizzazione delle mappe indoor e outdoor
CU02 Requisiti localizzazione outdoor	RSF006	DEVE essere possibile localizzare un client CAMMEO in ambiente outdoor
	RSF007	Se sono disponibili le informazioni di localizzazione GPS, queste DEVEONO essere le uniche informazioni ad essere utilizzate per determinare la posizione outdoor di un CAMMEO Service
CU03 Requisiti localizzazione indoor	RSF008	DEVE essere possibile localizzare un client CAMMEO in ambiente indoor
	RSF009	La localizzazione indoor di un CAMMEO Service DEVE mediante la cooperazione delle tecnologie WiFi e Bluetooth

	RSF010	Il CAMMEO Service DEVE prevedere la possibilità di integrazione di ulteriori tecnologie per la localizzazione indoor quali RFID o ZigBee
	RSF011	La posizione indoor di ciascun CAMMEO client DEVE essere calcolata tramite il CAMMEO Server
CU04 Navigazione sulla mappa	RSF012	L'utente(utente CAMMEO, osservatore e amministratore di sistema) DEVE poter traslare la mappa nelle quattro di direzioni cardinali
	RSF013	L'utente(utente finale, osservatore e amministratore di sistema) DEVE poter utilizzare la funzione di zoom per ingrandire o rimpicciolire la mappa visualizzata.
CU05 Requisiti Passaggio indoor-outdoor e viceversa	RSF014	La piattaforma CAMMEO deve gestire la collaborazione delle tecnologie indoor e outdoor per consentire una localizzazione continua quando l'utente passa da un ambiente all'altro
CU 06 Requisiti Ricerca del percorso	RSF015	Il CAMMEO Service DEVE poter richiedere al server il calcolo di un percorso tra due punti in una mappa outdoor
	RSF016	Il CAMMEO Service DEVE poter richiedere al server il calcolo di un percorso tra due punti in una mappa indoor
	RSF017	DEVE essere possibile utilizzare un indirizzo o il nome di una località per il calcolo del percorso outdoor
CU 07 Requisiti ricerca dei punti di interesse	RSF018	Il CAMMEO Service DEVE presentare all'utente le posizioni dei punti di interesse richiesti presenti nella mappa
	RSF019	Il server CAMMEO DEVE fornire gli strumenti per la ricerca dei punti di interesse
	RSF020	L'utente deve poter ricercare i punti di interesse per categorie o tramite una ricerca libera (testo)
CU08 Requisiti gestione utenti e/o client	RSF021	L'amministratore di sistema DEVE poter abilitare e disabilitare un utente
	RSF022	L'amministratore di sistema DEVE poter abilitare o disabilitare un CAMMEO Client
	RSF023	L'amministratore di sistema DEVE poter registrare, modificare o eliminare un nuovo utente
	RSF024	L'amministratore di sistema DEVE poter registrare, modificare o eliminare un nuovo CAMMEO client associato ad un utente
	RSF025	Ogni client DEVE essere associato ad un utente.
	RSF026	Ad un utente POSSONO essere associati uno o più CAMMEO Service

CU 09 Requisiti Visualizzazione degli utenti nel sistema	RSF027	L'amministratore di sistema e l'osservatore DEVONO poter visualizzare graficamente la posizione di uno o più client contemporaneamente
	RSF028	L'amministratore di sistema DEVE poter accedere a tutte le informazioni relative ai client (posizione, configurazione, abilitazioni)
CU 10 Requisiti gestione mappe	RSF029	Il server CAMMEO DEVE permettere la gestione delle mappe indoor tramite un'apposita interfaccia grafica
	RSF030	Il server CAMMEO DEVE permettere le operazioni di inserimento, modifica e cancellazione di una mappa indoor
CU11 Requisiti Inserimento punti di interesse	RSF031	L'ASM DEVE poter gestire i punti di interesse presenti in CAMMEO modificandoli, inserendoli o eliminandoli
	RSF032	L'ASM DEVE poter raggruppare i punti di interesse per categorie
CU 12 Avvio Localizzazione	RSF033	CAMMEO Transceiver DEVE poter attivare le periferiche GPS, WiFi, ZigBee, Bluetooth e RFiD
CU 13 Invio dati di posizione C.T. per localizzazione outdoor	RSF034	Il CAMMEO Transceiver DEVE poter instaurare una connessione WiFi con il Server.
	RSF035	DEVE essere possibile localizzare un client CAMMEO in ambiente outdoor (come RSF006)
	RSF036	I dati per la localizzazione outdoor DEVONO essere prelavati dalla tecnologia GPS
CU14 Invio dati di posizione C.T. per localizzazione indoor	RSF037	Il CAMMEO Transceiver DEVE poter instaurare una connessione WiFi con il Server.(come RSF034)
	RSF038	CAMMEO Transceiver DEVE rilevare il MAC Address e/o l'indice di potenza dei sensori delle reti indoor, mediante la collaborazione di tutte le tecnologie.
CU 15 Requisiti Ricezione Dati Outdoor	RSF039	Il CAMMEO Server che DEVE possedere un'interfaccia per l'acquisizione dei dati inviati dal Transceiver.
	RSF040	Il CAMMEO Server DEVE essere raggiungibile da un indirizzo IP univoco
CU 16 Requisiti Ricezione Dati	RSF041	Il CAMMEO Server DEVE essere raggiungibile da un indirizzo IP univoco (come il RSF040)

Indoor	RSF042	L'amministratore di sistema del Transceiver (AST) DEVE essere in grado di aggiornare e gestire i dati delle reti di sensori, contenuti nel relativo DB.
CU 17 Requisiti Calcolo posizione indoor	RSF043	La posizione indoor di ciascun CAMMEO client DEVE essere calcolata tramite il CAMMEO Server (come RSF011)
	RSF044	L'AST DEVE poter aggiornare le mappe inserite nel DB e intervenire sul dispositivo laddove fosse richiesto un suo intervento

Tabella 3 Requisiti funzionali

5 Vincoli e strutture dati

La sezione seguente descrive i vincoli di progetto che sono stati identificati, oltre che ad affrontare la descrizione dei requisiti non-funzionali della piattaforma CAMMEO, indicando politiche di sicurezza, requisiti hardware e software, e strutture da adottare per la definizione dei dati.

5.1 Sistemi operativi, protocolli di comunicazione e sicurezza

La seguente tabella fornirà la panoramica sull'ambiente e sui requisiti software in cui opererà CAMMEO.

RSOS#	Requisiti non funzionali
RSOS001	Il server CAMMEO DEVE poter essere installato sia su macchine Windows che su macchine Linux
RSOS002	Il CAMMEO Service DEVE poter essere installato sul maggior numero di terminali mobili Android
RSOS003	Il CAMMEO Service DEVE essere quanto più indipendente dalla versione Android utilizzata
RSOS004	Il server CAMMEO DEVE adottare politiche di sicurezza per proteggere i dati di posizione degli utenti
RSOS005	Ogni CAMMEO Service DEVE essere abilitato a visualizzare solamente i dati relativi alla propria posizione
RSOS006	Il server DEVE prevedere 5 categorie di utenti: utente cammeo, osservatore, amministratore di sistema, amministratore del server di mappe e amministratore del sistema transceiver
RSOS007	L'accesso alla piattaforma e a tutti i suoi servizi DEVONO essere consentiti previa autenticazione

Tabella 4 Requisiti S.O. protocolli e sicurezza CAMMEO Service e Server

RSOS008	Il sistema operativo che utilizza il CAMMEO Transceiver è Linux Embedded
RSOS009	Il CAMMEO Client DEVE aver accesso ad internet per potersi collegare al server e scambiare ogni richiesta di posizione
RSOS010	I dati di posizione del CAMMEO Transceiver DEVONO essere scambiati via WiFi.

Tabella 5 Requisiti S.O. protocolli e sicurezza CAMMEO Transceiver

5.2 Interfacce hardware

La seguente tabella specifica i requisiti non funzionali che riguardano ogni aspetto legato alle interfacce hardware. Sono principalmente trattate le interfacce relative al client che permettono di comunicare con i differenti dispositivi di localizzazione.

RSIH#	Requisiti non funzionali
RSIH001	Il CAMMEO Service DEVE poter accedere al maggior numero di tecnologie di localizzazione disponibili
RSIH002	Il CAMMEO Service DEVE aver accesso almeno ad una tecnologia di localizzazione indoor e ad una tecnologia outdoor

Tabella 6 Requisiti interfacce hardware CAMMEO Service

RSIH003	Il CAMMEO Transceiver DEVE poter accedere al maggior numero di tecnologie di localizzazione disponibili
RSIH004	Ogni tecnologia del CAMMEO Transceiver DEVE essere attivata secondo un algoritmo di priorità
RSIH005	Una volta attivata la singola tecnologia, il CAMMEO Transceiver DEVE ricevere il segnale dalla rete di sensori e inviare tale dato, comprensivo di identificativo del sensore stesso, al CAMMEO server.

Tabella 7 Requisiti interfacce hardware CAMMEO Transceiver

5.1 Interfacce software

La seguente tabella specifica i requisiti non funzionali che riguardano ogni aspetto legato alle interfacce software di comunicazione.

RSIS#	Requisiti non funzionali
RSIS001	Per poter utilizzare i servizi offerti dalla piattaforma CAMMEO, ciascun attore/utente DEVE avere accesso alla rete internet
RSIS002	Il server DEVE mettere a disposizione delle API per permettere di sviluppare ed integrare il sistema in ulteriori applicazioni
RSIS003	Il CAMMEO Service deve mettere a disposizione delle API per integrare nuovi dispositivi di localizzazione
RSIS004	DEVE essere possibile lo scambio di informazioni tra il CAMMEO Transceiver e il CAMMEO Server

Tabella 8 Requisiti interfacce software CAMMEO client e server

5.2 Documentazione utente

Di seguito sono presentati i requisiti per la documentazione utente/sviluppatore.

RSDOC#	Requisiti non funzionali
RSDOC001	Il CAMMEO Service DEVE fornire una documentazione esaustiva per ogni servizio messo a disposizione
RSDOC002	Il CAMMEO Server DEVE fornire una documentazione esaustiva per ogni servizio messo a disposizione
RSDOC003	Il client DEVE fornire una documentazione esaustiva per il servizio a disposizione del CAMMEO Transceiver

Tabella 9 Documentazione utente CAMMEO service e server

6 Stato dell'arte

In questa Sezione verranno indicate quali sono le attuali tecniche e tecnologie coinvolte nella localizzazione di persone ed oggetti in spazi confinati ed in spazi aperti.

In prima analisi verrà fornita una descrizione di quelli che sono i principali algoritmi di localizzazione utilizzati; si descriveranno quali sono le principali tecnologie impiegate e si indicheranno gli attuali sistemi di localizzazione in commercio ed in fase di ricerca.

Prima di iniziare con la descrizione delle analisi svolte si rende necessario chiarire alcuni concetti che ricorreranno nella nostra analisi e ormai parte integrante di ogni sistema di localizzazione, ossia:

- il limite di Cramer Rao
- il criterio di massima verosimiglianza

6.1 Tecniche di localizzazione

6.1.1 Sistemi di riferimento

Conoscere la posizione di un oggetto vuol dire identificarne le coordinate all'interno di un sistema di riferimento.

Esistono due tipi di sistemi di riferimento:

- Assoluto, quando i punti individuati su di esso sono univocamente definiti; sulla Terra il sistema di riferimento assoluto è dato dalla definizione di Latitudine e Longitudine
- Relativo, è un sistema di riferimento in cui i punti in esso identificati hanno una posizione identica ad altri punti individuati in altri sistemi di riferimento, sulla Terra un sistema di riferimento relativo è, ad esempio, l'interno di un edificio

In CAMMEO utilizzeremo sistemi di riferimento relativo per individuare la posizione di persone ed oggetti e solo in un secondo momento, se necessario, le coordinate relative verranno tradotte in coordinate assolute. Una volta stabilito il sistema di riferimento, generalmente un sistema di coordinate cartesiane, dobbiamo individuare la distanza da quelli che sono i "punti fissi" del nostro sistema di riferimento. Vengono definiti "punti fissi" del nostro sistema tutti quei punti dotati di una posizione ben nota all'interno del sistema di riferimento.

Una volta individuati i punti di riferimento all'interno del nostro sistema di coordinate dobbiamo valutare il numero minimo di punti necessari ad identificare correttamente la posizione di un punto privo di posizione.

Per identificare univocamente la posizione di un punto in uno spazio "d-dimensionale" condizione necessaria e sufficiente è avere almeno d + 1 punti di riferimento. Se

geometricamente parlando questa condizione è appunto necessaria e sufficiente, da un punto di vista ingegneristico questa condizione sarà solo necessaria in quanto in geometria, come in matematica, non si prendono in considerazione tutte le problematiche inerenti la "sincronizzazione". Durante l'analisi dello stato dell'arte qui riportato i punti all'interno di un sistema di riferimento saranno dei moduli radio che avranno necessariamente bisogno di sincronizzarsi per poter comunicare con efficacia la loro posizione.

6.1.2 Stima della distanza

Fissato il sistema di riferimento e individuato il numero di punti di riferimento necessari a calcolare la posizione di un punto, si stima la distanza che separa ogni punto di riferimento da un punto sconosciuto. Le tecniche per realizzare questa stima sono molte ed ognuna viene impiegata per scopi e per dispositivi diversi. Di seguito descriveremo brevemente le diverse tecniche disponibili.

Le metodologie di stima della distanza sono divise in due macro famiglie:

- Range based, algoritmi in cui si conosce, in maniera assoluta, la distanza euclidea (di Hilbert in uno spazio d-dimensionale) che separa i punti di riferimento dal punto sconosciuto. Gli errori nella stima della distanza in questi algoritmi sono dovuti all'ambiente ed al tipo di tecnologia utilizzata
- Range free, gli algoritmi che appartengono a questa famiglia non conoscono la distanza assoluta che separa i punti di riferimento dal punto sconosciuto. L'informazione che si ottiene da questi algoritmi è una "valutazione relativa" come, ad esempio, il numero di punti di riferimento e/o di punti sconosciuti che si devono raggiungere per arrivare, finalmente, al punto sconosciuto. Noto il numero di questi "salti" e fissata, a priori, la distanza media tra due punti qualsiasi, si ottiene una stima della distanza tra punti di riferimento e punto sconosciuto

Di seguito vengono indicati i più famosi algoritmi di stima della distanza che appartengono alle due famiglie Range Based e Range Free.

Da questa sezione in poi non parleremo più di punti da localizzare ma di nodi di una rete di comunicazione, in quanto assumeremo un punto equivalente ad un nodo di una rete wireless, dotato quindi di un transceiver, una CPU ed una memoria RAM. Inoltre, volendo entrare propriamente nella terminologia dei problemi di localizzazione definiremo:

- Anchor node / Beacon, ogni nodo della rete dotato di una posizione
- Unknown, ogni nodo che non conosce la propria posizione

6.1.2.1 Range Based

I principali sistemi di stima della distanza range based sono:

- Time of Arrival (ToA) – viene stimato il tempo di propagazione del segnale inviato da un Beacon verso un Unknown. Conoscendo questo tempo e moltiplicandolo per la velocità di propagazione del segnale si può stimare la distanza che separa i due nodi
- Time Difference of Arrival (TDoA) (1) – questa tipologia di algoritmo viene utilizzata all'interno di reti sincrone, e.g. GSM
- Per stimare la distanza tra Unknown e Beacon viene stimata la differenza dei tempi di arrivo dei segnali dei due Beacon sull'Unknown. Nota la differenza dei tempi di arrivo si può stimare la distanza che separa i due Beacon. Nota questa distanza e utilizzando la teoria della geometria analitica, viene stimata la distanza che separa l'Unknown dai Beacon
- Time Difference of Arrival (TDoA) (2) – una seconda versione del TDoA (anche detta metodo ibrido) si applica quando si usano tecnologie differenti su di uno stesso dispositivo per stimare la distanza tra un Beacon ed un Unknown. È il caso dell'uso congiunto di impulsi ad Ultrasuoni e segnali a Radiofrequenza. La velocità del suono, 3*102m/s, è molto inferiore a quella delle onde radio, 3*108m/s. In queste condizioni un nodo Unknown equipaggiato con tecnologia ibrida, valuterà la propria distanza dal Beacon, equipaggiato anch'esso con tecnologia ibrida, utilizzando il segnale a radiofrequenza per attivare un clock interno che verrà disattivato solo dopo aver ricevuto l'impulso ad ultrasuoni, emesso contemporaneamente a quello a radiofrequenza. Moltiplicando questo tempo per la velocità del suono si ottiene una stima della distanza tra Beacon ed Unknown
- Angle of Arrival (AoA) – questo algoritmo fornisce una stima della distanza dell'Unknown partendo dalla conoscenza degli angoli di arrivo degli impulsi provenienti dai Beacon. Per ricorrere ad una tecnica simile bisogna ricorrere a nodi dotati di array di antenne
- Received Signal Strenght Indicator (RSSI) – nota la potenza dell'onda radio trasmessa dai Beacon e nota anche la perdita di potenza dovuta al canale radio in uso (modellizzazione del canale radio) si ottiene una stima della distanza che separa l'Unknown dal Beacon. Più propriamente vengono identificate delle aree caratterizzate da un certo valore di potenza

6.1.2.2 Range Free

I principali sistemi di stima della distanza range free sono:

- Centroid – anche se impropriamente collocati nella stima della distanza, la semplicità di questa tecnica e il risultato molto approssimativo che produce, ci porta a classificarla come una stima di distanza e non di posizione. L'algoritmo del Centroide, o del baricetro in uno spazio bidimensionale, è basato sull'individuazione di tutti i Beacon all'interno del raggio di copertura dell'Unknown. Una volta identificati i Beacon ed ottenute le loro coordinate, l'Unknown calcola una media semplice tra le coordinate di ogni Beacon e acquisisce il risultato come proprie coordinate

- DV–Hop [3] - la distanza che separa un Unknown da un Beacon non è espressa in termini di distanza euclidea ma in numero di “salti” (hop) che dividono i due nodi. L’algoritmo per la stima della distanza è strutturato nel modo seguente:
    - Ogni nodo che vuole conoscere la propria posizione all’interno della rete calcola il più breve numero di salti (hop) che lo separa da ogni Beacon. Ogni Beacon calcola il numero minimo di hop per raggiungere tutti gli altri Beacon nella stessa rete. Noto il numero di salti che separa ogni Beacon si calcola il numero medio di hop che separa i Beacon della rete. Ogni Beacon calcola la distanza Euclidea tra esso e gli altri Beacon della rete. Viene determinata la media semplice di questa distanza. Il valore ottenuto viene diviso per il numero medio di salti che separa ciascun nodo della rete. Il valore ottenuto lo si assume equivalente alla lunghezza di ogni hop.
      Questa distanza media viene trasmessa a tutti gli altri nodi della rete che possono così calcolare la propria distanza da ogni Beacon.
- • Amorphous [4] – questo algoritmo è molto simile al DV-hop ma viene preferito al primo solo nel caso in cui la densità dei nodi all’interno della rete è molto elevata. In questi casi il calcolo della misura media di un hop viene implementato per mezzo della formula di Kleinrock e Slivester
- • Approximated Point inTriangulation [4] (APiT) – anche questo algoritmo come Centroid non fornisce una stima della distanza ma una posizione. Abbiamo inserito questo algoritmo in questo paragrafo poiché le procedure utilizzate per la determinazione di questa informazione non dipendono da una stima di una distanza euclidea (range free).
- Dividiamo l’algoritmo in 4 fasi principali:
    - Ricerca dei Beacon all’interno del raggio di copertura dell’Unknown
    - Determinazione di tutti i possibili triangoli disponibili con i Beacon rilevati e valutazione della posizione dell’Unknown rispetto a ciascuno di essi (determinare se l’Unknown è all’interno o all’esterno di ciascun triangolo)
    - Calcolo della zona di intersezione di tutti i triangoli al cui interno è stato identificato l’Unknown
    - Calcolo del centro di gravità (baricentro) della zona di intersezione individuata

6.1.3 Calcolo della posizione

Una volta ottenuta la stima delle distanze che separano l’Unknown da ogni Beacon si procede al calcolo della sua posizione. Di seguito riportiamo le metodologie più conosciute:

- Triangolazione – noti gli angoli di arrivo di almeno tre impulsi provenienti da tre beacon differenti si determina la posizione dell’Unknown per mezzo del teorema di Carnot

- Trilaterazione – è il più semplice algoritmo di stima della posizione. Una volta determinata la distanza dell'Unknown dai tre Beacon all'interno del proprio raggio di copertura si individua l'intersezione delle tre circonferenze con centro i Beacon individuati. Il centro di questa area è la stima iniziale della posizione dell'Unknown
- Bounding Box – semplificazione della Trilaterazione, invece di utilizzare cerchi usa quadrati aventi per centro il Beacon rilevato dall'Unknown e per lato il doppio della distanza tra Beacon ed Unknown
- Multilaterazione – è una generalizzazione della Trilaterazione vista precedentemente, invece di dipendere unicamente da tre Beacon l'Unknown determina la propria posizione iniziale per mezzo di tutti i Beacon (>=3) all'interno del suo raggio di copertura. Esistono tre tipi differenti di multilaterazione:
    - Atomica – è quanto appena descritto, N Beacon individuano un Unknown per mezzo dell'intersezione delle circonferenze con raggio pari alla distanza Beacon Unknow
    - Iterativa – appena un Unknown ottiene una posizione per mezzo di un procedimento di multilaterazione atomica viene promosso a Beacon. In questo modo la sua posizione può essere utilizzata da altri Unknown che precedentemente a questa promozione non avevano all'interno del proprio raggio di copertura un numero sufficiente di Beacon.
      L'impiego di Unknown promossi a Beacon presenta il notevole svantaggio della propagazione dell'errore di stima della posizione. Ogni Unknown promosso a Beacon ha una posizione affetta da errore dipendente fortemente dal tipo di tecnologia utilizzata nella stima della distanza e nell'algoritmo di ottimizzazione impiegato. Tale errore verrà direttamente trasmesso a tutti gli Unknown che dovranno impiegare il nuovo Beacon per determinare la propria posizione e questo errore verrà aggiunto a quello di stima della distanza, generando un processo a catena che potrebbe degenerare in stime del tutto errate o a processi di stima non convergenti
    - Collaborativa – utilizzata in reti con scarsa densità di nodi questo algoritmo permette ad ogni Unknown, che non abbia all'interno del proprio raggio di copertura il numero minimo di Beacon necessario per stimare la propria posizione, di sfruttare la presenza di altri Unknown, all'interno del suo raggio di copertura, per riuscire a raggiungere Beacon a distanze maggiori del suo raggio di copertura.
      Come per la multilaterazione iterativa anche qui la propagazione dell'errore ha effetti disastrosi se non opportunamente controllata
- Prossimità – è un algoritmo in cui l'Unknown che vuole determinare la propria posizione acquisisce direttamente la posizione del Beacon ad esso più vicino. Nel caso in cui il

numero di Beacon fosse maggiore di uno l'Unknown acquisisce come coordinate la media semplice delle coordinate di tutti i Beacon rilevati

6.1.4 Ottimizzazione

Una volta stimata la posizione dell'Unknown questo risultato deve essere rifinito in quanto comprensivo di errori dovuti:

- al calcolo di una distanza affetta da errore
- alla trasmissione di un segnale all'interno di un canale rumoroso
- ad interferenze con l'ambiente circostante, siano esse di tipo radio ma anche più propriamente fisico, e.g. passaggio di persone, modellizzazioni non accurate, ecc.
- ad errori umani, il deploy della rete è affidato a persone fisiche
- scelta di tecnologie non performanti ma economiche

Questi errori devono essere corretti prima di essere assegnati ad un Unknown come sue coordinate. Per fare questo sono stati sviluppati, o a volte semplicemente re-impiegati, algoritmi che riducono l'errore accumulato durante le fasi di stima. Di seguito ne riportiamo solo alcuni:

- Minimum Mean Square Error (MMSE) [5]– in statistica l'errore quadratico medio rappresenta la media dei quadrati della differenza tra i valori osservati ed i dati stimati.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \hat{x}_i)^2}{n}$$

  Identificare il minimo di questa relazione corrisponde ad individuare i punti in cui la derivata prima di questa funzione è pari a zero

- Funzioni Obiettivo [6] - in un problema di scelta è una funzione di due o più variabili d'azione, ed esprime il fine in base al quale si intende effettuare la scelta. In ricerca operativa le variabili d'azione sono le quantità che definiscono il problema e possono essere soggette a limitazioni, cioè non possono assumere tutti i valori reali o interi. Inoltre tali variabili possono essere controllabili o incontrollabili.
  Viene definito Campo di Scelta la porzione di piano in cui vanno ricercati i valori che rendono massima (minima) la funzione obiettivo.
- Filtro di Kalman [7][8][9]– è un algoritmo ricorsivo che valuta lo stato di un sistema dinamico a partire da una serie di misure affette da errore. Il filtro di Kalman per funzionare si basa su di uno storico delle misure in campo e partendo da esso e dalle successive misure effettua una minimizzazione degli errori

Esistono molti altri algoritmi di ottimizzazione ma non è questa la sede per indicarli tutti. Quelli qui indicati e brevemente riassunti indicano esclusivamente i più utilizzati nei problemi di localizzazione.

6.1.5 Disuguaglianza di Cramer Rao (limite di Cramer Rao)

In statistica, la disuguaglianza di Cramér-Rao afferma che il reciproco della matrice di informazione di Fisher I(θ) per un parametro θ, costituisce un limite inferiore alla varianza di uno stimatore corretto per il parametro denotato con $\hat{\theta}$ [10].

Nei problemi di localizzazione la disuguaglianza di Cramer Rao, anche nota come limite inferiore di Cramer Rao, ci permette di stabilire se le ipotesi sull'errore introdotto dai nostri metodi di stima della distanza e della posizione è plausibile o meno. Se i nostri calcoli sono corretti la nostra procedure di stima, sia essa un ToA, un RSSI, una triangolazione o una trilaterazione, a seguito delle operazioni di ottimizzazione produrranno come miglior risultato un valore asintotico a quello definito dal limite di Cramr Rao imposto per quel particolare processo di stima. Ogni qual volta si realizzi un sistema di localizzazione, oltre a considerare i limiti tecnologici bisogna tenere in considerazione anche i limiti matematici intrinseci al sistema.

6.1.6 Criterio della massima verosimiglianza (Maximum Likelihood Estimate – MLE)

La funzione di verosimiglianza, in statistica, è una funzione di probabilità condizionata, considerata funzione del suo secondo argomento, mantenendo fissato il primo argomento [11].

In pratica questo metodo richiede una conoscenza a priori di quale sia la densità di probabilità attesa per i risultati delle misure. Per fare questo si deve eseguire una raccolta di dati sperimentali a cui associare una densità di probabilità, che sarà in qualche modo dipendente dai parametri del modello: L(y, p).

Dato l'insieme di misure svolte y1, y2,…, yn, viene quindi ricercato il valore dei parametri che rendono massima la probabilità di ottenere quei valori misurati:

$$\frac{\partial}{\partial_p} \ln L(y_1, y_2, \dots, y_n, p) = 0$$

Nel caso in cui la densità di probabilità fosse una Gaussiana (nella maggior parte dei problemi di localizzazione i dati raccolti formano una campana Gaussiana) la densità di probabilità congiunta sarebbe equivalente a:

$$L = \prod_{i=1}^{n} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{y_i-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Per semplificare i calcoli si assume non la funzione Gaussiana ma il suo logaritmo naturale, in questo modo la funzione si semplifica in:

$$\ln L = \frac{-n}{2}\ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{y_i-\mu}{\sigma}\right)$$

Per massimizzare questa funzione non faccio altro che calcolarmi le derivate parziali di ln(L) rispetto a μ (valor medio) e poi rispetto a σ2 (varianza) e porle uguale a zero.

In questo modo ho ottenuto una descrizione matematica dell'errore che affligge il mio canale.

6.2 Tecnologie di localizzazione

6.2.1 Global Navigation Satellite System (GNSS)

I GNSS sono sistemi di radio-navigazione che utilizzano satelliti artificiali per fornire informazioni di localizzazione su tutto il globo. Attualmente esistono due differenti tipologie di sistemi GNSS ad uso civile:

- GNSS-1, è la prima generazione che vede la cooperazione tra i sistemi di posizionamento come GPS e GLONASS con i sistemi di incremento dell'accuratezza SBAS (Satellite Based Augmentation System) o GBAS (Ground Based Augmentation System)
- GNSS-2, è la seconda generazione, di cui farà parte anche l'Europeo Galileo, che utilizzeranno a scopo civile le frequenze L1 ed L2 mentre la frequenza L5 verrà impiegata per l'integrità di sistema

I satelliti dei sistemi GNSS trasmettono un segnale che contiene la posizione del satellite e l'ora di trasmissione del segnale stesso, ricavata da un orologio atomico al fine di mantenere la sincronizzazione con gli altri satelliti della costellazione. Il ricevitore confronta il tempo della trasmissione con quello misurato da un orologio interno, ricavando così il tempo impiegato dal segnale per arrivare dal satellite.

Diverse misure possono essere effettuate contemporaneamente con satelliti differenti, ricavando così il posizionamento in tempo reale. Ogni misura di distanza, a prescindere dal sistema usato, individua una sfera che ha per centro un satellite; dall'intersezione di queste sfere si ottiene il posizionamento del ricevitore. Tuttavia, nel caso di ricevitori in movimento rapido, la posizione del segnale si muove mentre i segnali vengono ricevuti. In più, i segnali radio ritardano leggermente mentre attraversano la ionosfera e questo ritardo varia con l'angolo tra ricevitore e satellite, perché questo cambia la distanza attraverso la ionosfera. Il calcolo di base tenta di trovare la linea diretta tangente a quattro sfere centrate su quattro satelliti. I ricevitori riducono gli errori usando combinazioni di segnali da più satelliti e vari correlatori ed anche usando tecniche come il filtro di Kalman per correggere i dati affetti da rumore.

I sistemi GNSS hanno molte applicazioni:

- Navigazione, sia con ricevitori portatili ad esempio per il tracking, che con dispositivi integrati tra i comandi di mezzi di trasporto come automobili, autocarri, navi e aeromobili
- Sincronizzazione dell'orario in dispositivi elettronici
- Location-based service
- Monitoraggio

- Inserimento dati in un sistema informativo territoriale
- Servizio di ricerca e soccorso
- Geofisica
- Applicazioni topografiche e catastali
- Applicazioni di machine automation (Guida macchine) per movimento terra e agricoltura
- Creazioni di reti di stazioni permanenti GPS per la distribuzione di servizi di correzione differenziale e dati in formato RINEX
- Dispositivi di tracciamento per animali selvatici

6.2.2 WLAN

Se la tecnologia GNSS ha aperto nuove frontiere e nuovi mercati, l'uso della tecnologie satellitare ne impedisce l'uso in ambienti indoor. Le frequenze ed i livelli di potenza in ricezione fanno si che in ambienti confinati quali edifici, gallerie, canyon urbani ecc. la tecnologia GNSS diventi praticamente inutilizzabile. Per ovviare a queste problematiche sono state sviluppate diverse soluzioni quali ad esempio la ripetizione del segnale satellitare all'interno di questi ambienti. I risultati ottenuti pur essendo molto soddisfacenti dovevano far fronte a costi non propriamente economici.

Per venire incontro a queste problematiche e per poter sfruttare anche tecnologie già pre-esistenti negli ambienti chiusi e/o cittadini si è cercato di provare a sviluppare sistemi di posizionamento basati su tecnologia Wi-Fi.

La tecnologia Wi-Fi è in grado,opportunamente utilizzata, di fornire una posizione a tutti i dispositivi equipaggiati con un ricevitore Wi-Fi includendo anche i più telefonini (e.g. gli Smartphone).

La migliore metodologia per determinare la posizione per mezzo della tecnologia Wi-Fi e l'algoritmo di fingerprinting. Una volta dislocati un numero di access point all'interno di una determinata area, un dispositivo equipaggiato con un ricevitore Wi-Fi effettua una scansione dell'area in diversi punti, detti di riferimento, assegnando ad ognuno di essi il valore dell'intensità (RSSI) di tutti i segnali ricevuti dai diversi access point, registrandola all'interno di un opportuno database in rete. Una volta completata questa "mappatura" in potenza dell'area un qualsiasi dispositivo, equipaggiato con Wi-Fi, potrà determinare la propria posizione effettuando un confronto tra la potenza da esso rilevata e quella registrata nel database.

Ovviamente maggiore è il numero di access point a disposizione più fine sarà la mappatura dell'area in esame e più accurato quindi sarà il posizionamento del dispositivo. Nominalmente la precisione in ambienti chiusi varia da 1 a 5 metri, a seconda del tipo di edificio, mentre quella all'aperto mediamente è di circa 10 metri, ma varia comunque a seconda dell'ambiente (orografia).

I campi di applicazione di questa soluzione, in ambienti confinati, sono molto interessanti in quanto permetterebbero di avere informazioni legate alle zone circostanti direttamente su Smartphone, e di avere anche la possibilità di connettersi ad Internet in modo semplice e trasparente.

Le informazioni possono riguardare locali specifici nelle vicinanze oppure ospedali o altro. Le applicazioni si prestano anche allo sviluppo di servizi specifici come per esempio guide turistiche oppure la ricerca del taxi più vicino. Questi servizi legati alla localizzazione potrebbero essere implementati localmente nel dispositivo oppure centralizzati su di un server remoto a cui il dispositivo può accedere tramite Internet. Di fatto le soluzioni di posizionamento in ambienti confinati aprono un panorama infinito verso numerose opportunità di business.

I maggiori limiti di questa soluzioni sono da ricercarsi all'interno della tipologia dell'algoritmo scelto; la mappatura in potenza di un area è molto dispendiosa in termini di tempo e dipende molto dalla orografia dell'edificio/territorio.

6.2.3 Reti Cellulari

In alcune situazioni assistiamo all'utilizzo di reti cellulari per definire la posizione di un telefono cellulare all'interno di un edificio o anche in ambiente aperto. Questa informazione può avvenire in due modi differenti:

- In ausilio ad un sistema di localizzazione satellitare (GNSS) in cui però la posizione dell'antenna trasmittente, della rete cellulare, viene/veniva utilizzata esclusivamente per ridurre l'errore randomico che in quel momento affliggeva il ricevitore GPS (A GPS). Ad oggi questa metodologia è in disuso grazie alla soppressione di questo errore da parte del Ministero della Difesa Americano (DARPA)
- La posizione di un telefono cellulare viene approssimata a quella dell'antenna BTS (Base Station) che serve l'area in cui si trova il cellulare. In questo modo si ottengono posizioni del ricevitore pari all'ampiezza della cella in cui è collocato il telefono

6.2.4 Bluetooth

Il Bluetooth è una tecnologia per le comunicazioni a basso consumo e corto raggio di trasmissione per trasporto voce e per dati [12]. Realizzata da Ericsson Mobile Communication durante la metà degli anni '90 come tecnologia in grado di sostituire le connessioni via cavo (cable replacement), il Bluetooth si è fatto strada all'interno del mondo delle comunicazioni e della ricerca fino ad attirare su di se una crescente attenzione per applicazioni ben oltre il cable replacement. La crescente popolarità di questa nuova tecnologia ha reso indispensabile la creazione di un gruppo di standardizzazione, il Bluetooth SIG (Special Interest Group) formato da Ericsson, IBM, Microsoft, Nokia e Toshiba. Oltre a standardizzare i diversi livelli della pila protocollare del Bluetooth il SIG si è anche occupato della creazione di gruppi di lavoro dediti a specifiche attività, la creazione di PROFILI per il Bluetooth. Tra la molteplicità dei profili attualmente disponibili sul Bluetooth ve ne è uno ancora in fase di testing che è quello dedito all'utilizzo del Bluetooth come tecnologia per il positioning in ambienti indoor, il gruppo di lavoro

dedicato alla implementazione di questo profilo è il Local Positioning Working Group [12][13]. Compito di questo gruppo è la realizzazione di un profilo che comprenda una descrizione dettagliata del tipo e del formato dei messaggi che i diversi Bluetooth si devono scambiare per acquisire una posizione rispetto ad un sistema di riferimento e quale tipo di algoritmo di localizzazione è più consono per la tecnologia Bluetooth.

Attualmente ancora non si hanno risultati definitivi all'interno del Local Positioning Working Group e le soluzioni proposte per utilizzare il Bluetooth come tecnologia di localizzazione si appoggiano a metodologie di fingerprinting sfruttando i comandi messi a disposizione a livello HCI (Host Controller Interface) dallo stack Bluetooth:

- Get_Link_Quality, restituisce la misura della qualità del collegamento tra il dispositivo locale e quello remoto
- Read_RSSI, restituisce la misura della potenza ricevuta dal dispositivo locale in un determinato istante
- Read_Transmit_Power_Level, restituisce il valore della potenza in trasmissione del dispositivo locale

Una volta stabilita una connessione L2CAP tra i due Bluetooth il dispositivo, che offre il servizio di posizionamento, effettua richieste periodiche, al suo layer HCI, per determinare il suo livello di potenza in trasmissione. Noto questo valore Il Bluetooth servente invierà un pacchetto dati con informazioni di potenza in trasmissione e posizione del Bluetooth.

Anche se può sembrare relativamente semplice realizzare un sistema di localizzazione con dispositivi Bluetooth, studi molto dettagliati, riportati in [14], indicano come le attuali standardizzazioni del Bluetooth non consentano di fornire dei risultati molto affidali in quanto:

- il Link Quality è una grandezza che ha dimostrato una forte dipendenza dalla classe (classe 1 @ 20dBm= 100mW, classe 2 @ 10 dBm = 10 mW, classe 3 @ 0dBm = 1mW) di funzionamento del dispositivo in trasmissione. Quindi si presentano problemi quando all'interno di una rete Bluetooth si presenta un dispositivo con classe diversa da quella utilizzata per fare le misure
- la caratterizzazione di una particolare mappa di potenza è strettamente correlata al rapporto BER/Link Quality del dispositivo utilizzato e quindi irripetibile per dispositivi diversi
- una misura di Link Quality non varia sensibilmente in ambienti confinati
- misure di RSSI fatte da diversi Access Point, posti ad una medesima distanza da uno stesso dispositivo registrano valori diversi

La combinazione di tutti questi risultati rendono particolarmente impreciso e difficoltoso l'impiego di dispositivi Bluetooth per sistemi di localizzazione.

6.2.5 Ultrasuoni

Gli ultrasuoni sembrano essere la tecnologia che più di ogni altra si avvicina alle esigenze di localizzazione fine in ambienti confinati. Sfruttando la bassa velocità di propagazione di un onda sonora 300m/s e conoscendo la posizione di almeno 3 Beacon, si può stimare la distanza di un Unknown per mezzo dell'algoritmo ToA ed infine la posizione dell'Unknown per mezzo di metodologie come la Trilaterazione o sue derivate.

Le accuratezze per questa tecnologia arrivano all'ordine del cm, ma essendo il suono un onda meccanica ne soffre di tutte gli svantaggi. La distanza raggiungibile da un trasmettitore ad Ultrasuoni varia in funzione di molteplici fattori quali temperatura, la pressione, l'umidità.

In media il raggio di copertura di un sensore utilizzato per localizzare persone ed oggetti all'interno di ambienti confinati non supera i 10m di raggio, e.g. 255-400SR12 utilizzato dal sistema Cricket [15], e questo rappresenta un altro svantaggio per questa tecnologia. Un corto raggio di copertura corrisponde ad un deploy molto denso dei Beancon all'interno della rete e per edifici molto grandi questo si traduce in costi molto elevati. Attualmente le ricerche sull'utilizzo di tecnologia ad Ultrasuoni per localizzare persone ed oggetti hanno tre diverse aree di ricerca:

- Sviluppo di nuovi trasduttori, direzionabili in modo da diminuire possibili fenomeni di interferenza e capaci di trasportare informazione (quindi trasduttori in grado di trasmettere non impulsi ma bande)
- Sviluppare processi di codifica come le modulazioni a differenza di codice (CDMA) utilizzate nelle trasmissioni mobili di 3 generazione, in grado da ridurre interferenza tra molteplici trasduttori. Trasmettendo impulsi non associati a delle informazioni un ricevitore potrebbe non essere in grado di distinguere da chi proviene l'impulso
- Procedure di posizionamento dei Beacon

6.2.6 Ultrasuoni e Radiofrequenza

Durante lo studio e lo sviluppo di tecnologie rivolte al mondo della localizzazione indoor alcune soluzioni sono state realizzate al fine di ridurre gli svantaggi legati alla particolare scelta tecnologica fatta. L'esempio più lampante è stato quello dell'unione della tecnologia ad Ultrasuoni con quella a radiofrequenza.

Il vantaggio dell'unione di queste due soluzioni risiede nella possibilità di creare una rete in cui ogni Beacon non deve essere sincronizzato con gli altri ed in cui l'elevata differenza di velocità, tra le due differenti tipologie di segnali utilizzati, permette di utilizzare il segnale radio come segnale di "sincronizzazione" tra trasmettitore e ricevitore e di raggiungere le accuratezze della tecnologia ad ultrasuoni.

In questo modo ogni Beacon è indipendente da ogni altro ed oltre a sfruttare le proprietà di un onda sonora avremo la possibilità di sfruttare le capacità di trasmissione di un pacchetto radio.

6.2.7 UWB

Con il nome di Ultra Wide-Band (UWB) vengono raccolte tutta una serie di modalità di trasmissione di tipo prevalentemente impulsivo che impiegano impulsi radio di brevissima durata (frazioni di nanosecondo, quindi spettri in frequenza molto ampi).

L'UWB è una tecnologia vecchia di quarant'anni ma che nel biennio 2004/2005 ha raccolto grandi favori in applicazioni come:

- Comunicazioni wireless
- Radar
- Radar sottosuperficiali
- Sistemi di posizionamento globale

Nel 2002 la Federal Communication Commission (FCC) ha assegnato, senza licenza, la banda 3.1GHz - 10.6GHz, nella quale l'UWB lavorando con potenze praticamente sotto la soglia del rumore di fondo, può coesistere con altri sistemi a radiofrequenze. Già dal 2003 l'European Telecommunications Standard Institute (ETSI) ed altre organizzazioni nazionali ed internazionali sparse in tutto il mondo hanno proposto l'utilizzo dell'UWB ricalcando sostanzialmente la normativa statunitense. Il crescente interesse per questa tecnologia ha coinvolto tra il 2000 ed il 2005 sempre più aziende del panorama ICT mondiale (Intel, Philips, Samsung, Motorola, Texas Instruments, ecc.) e ha generato numerose ricerche di tipo accademico. Tra queste, oltre agli studi di modellizzazione del canale radio, di capacità e di interferenza, vanno citati quelli inerenti le analisi sulle performance di localizzazione. In questo documento non affronteremo in dettaglio tutte le tematiche inerenti le capacità dell'UWB ma indicheremo esclusivamente quelle afferenti al mondo della localizzazione.

La tecnologia UWB si presta all'adozione di diverse tecniche di localizzazione e l'analisi condotta da [16] mette in evidenza i risultati raggiunti per il ToA; in particolare lo studio condotto in [16] pone l'accento su come i molti problemi degli ambienti indoor possano essere risolti per mezzo di tecniche ibride che vedono la cooperazione tra tecniche diverse, in particolare l'uso congiunto di ToA ed AoA oppure ToA ed RSSI.

L'accuratezza raggiunta dagli attuali sistemi di localizzazione UWB, anche a fronte di cooperazione tra tecniche di localizzazione differenti, si attesta intorno all'ordine dei 10-15cm in condizioni di linea di vista (LOS) e 30cm in condizioni di non linea di vista (NLOS). Gli studi teorici condotti con simulatori provano che il CRLB è al di sotto dei 5 cm per la banda da 3,3GHz [17] quindi attualmente siamo molto al di sopra delle effettive capacità di questa tecnologia.

6.2.8 Infrarosso

Attualmente la migliore tecnologia, in termini di accuratezza raggiunta, per realizzare un sistema di localizzazione indoor è rappresentata senza dubbio dalla tecnologia a raggi infrarosso. Misurando i tempi di arrivo del raggio di luce e moltiplicandolo per la velocità della luce stessa si

ottengono stime molto precise di distanza e conseguentemente stime di posizioni molto accurate, si parla in alcuni sistemi di 2cm di accuratezza [18]. Gli svantaggi che l'uso della tecnologia ad infrarossi porta sono relativi ai costi, i ridotti raggi di copertura e la necessità di avere in linea di vista trasmettitore e ricevitore, ne fanno un sistema poco implementabile all'interno edifici.

6.2.9 RFID

Gli RFID sono una tecnologia relativamente nuova per la quale ancora non è stata individuata quella che può essere definita come killer application. In questo paragrafo vogliamo brevemente illustrare le diverse tipologie di RFID attualmente presenti sul mercato e come queste possano essere utilizzate diversamente all'interno di sistemi di localizzazione.

Un sistema RFID è fondamentalmente formato da un lettore ed un Tag.

Il lettore è un dispositivo munito di una antenna a frequenze stabilite in grado di irradiare, a seconda della potenza che lo alimenta, distanze più o meno grandi. Le frequenze disponibili per un sistema RFID sono 125/134 khz, 13.56 Mhz (negli standard ISO 14443 / ISO 15693), 868/915 Mhz (ISO 18000) e >2.4 GHz (Ultrawide band).

Un Tag RFID è un circuito armonico formato principalmente quindi da un induttanza ed un condensatore. Un Tag riceve energia dal lettore ed emette un segnale verso di esso che potrà quindi ricevere le informazioni memorizzate nel Tag. Esistono diverse tipologie di Tag e diverse loro classificazioni. Di seguito abbiamo indicato una classificazione di tipo energetico.

6.2.9.1 Tag attivi

I Tag attivi sono dei veri e propri transceiver/transponder. Alla consueta struttura di un Tag, induttore-condensatore, va aggiunta una circuiteria più complessa capace di estendere le capacità di un Tag dal punto di vista energetico. Un Tag attivo è infatti equipaggiato con una batteria in grado di alimentare un antenna per raggiungere distanza molte elevate (100m – 1 km) [19], una memoria (di diversi MB) in grado di memorizzare informazioni in locale.

Questi Tag posso essere utilizzati in una piattaforma di localizzazione in cui ogni Tag, fornito di una propria posizione. comunica in broadcast a tutti gli altri RFID nelle vicinanze. I vantaggi di questo tipo di configurazione sono dati dalla possibilità di ottenere un posizione anche in assenza di una connessione di rete. Gli svantaggi sono il consumo di potenza dei singoli Tag, collisioni radio della moltitudine di pacchetti presenti in aria, costo della rete di Tag.

6.2.9.2 Tag semiattivi

I Tag semiattivi sono dei dispositivi elettronici dotati di una batteria che viene impiegata esclusivamente in trasmissione. Le distanze che questi dispositivi possono raggiungere sono di circa 10 m [19].

I vantaggi e gli svantaggi dei Tag semiattivi sono molto simili a quelli dei Tag attivi, con un considerevole decremento sui costi dei singoli Tag e sulla presenza di una connessione ad Internet.

6.2.9.3 Tag passivi

I Tag passivi sono gli elementi elettronici più semplici che i possano trovare. Costituiti da un induttore ed un condensatore trasmettono con una frazione della potenza che ricevono dal lettore che gli energizza. Le distanze che questi dispositivi possono raggiungere sono al di sotto dei 10 m [19] i più commerciali si trovano anche al di sotto del metro.

Per la localizzazione questi dispositivi vengono utilizzati in procedure che prevedono il calcolo di prossimità, ossia ogni lettore che si avvicina ad un Tag passivo ne acquisisce le coordinate sostituendosi ad esso. Nel caso in cui più Tag passivi vengano rivelati viene calcolato il centro di massa del poliedro aventi come vertici i Tag passivi.

6.3 Piattaforme di localizzazione, on the shelf e in via di sviluppo

6.3.1 GPS

Sito Web: www.gps.gov

Il sistema Global Positioning System è un sistema di radionavigazione satellitare Statunitense operato dalla US Air Force. Il Governo degli Stati Uniti fornisce 2 livelli di servizio GPS: il Precise Positioning Service (PPS), destinato esclusivamente ad utenti privilegiati (militari) e lo Standard Positioning Service (SPS), meno accurato del precedente, fornito liberamente a tutti gli utenti civili. Segmento utente a parte, il sistema per il resto è costituito da 2 principali segmenti: quello spaziale e quello terrestre di controllo.

6.3.1.1 Segmento Spaziale

La componente spaziale del sistema GPS è costituita da 24 satelliti operativi disposti in 6 piani orbitali ognuno dei quali contiene 4 satelliti. I piani orbitali hanno un'inclinazione rispetto all'equatore di 55°, l'altezza orbitale è di 20.200 chilometri ed il periodo orbitale di ogni satellite è di circa 1 ora e 58 minuti.

Tutti i satelliti trasmettono i propri segnali, caratterizzandoli con un particolare codice di identificazione , alle frequenze L1 ed L2 (rispettivamente 1.575,42 MHz e 1.227,6 MHz). I satelliti adottati sono a tre assi stabilizzati, sono dotati di pannelli solari e di una batteria per i periodi di eclissi e sono equipaggiati fra l'altro con un orologio atomico. La vita media dei satelliti del Blocco II GPS (II, II A e II R) varia dai 7,5 ai 10 anni.

6.3.1.2 Segmento di Controllo Terrestre

La componente terrestre del sistema GPS, denominata 'Componente di Controllo', consiste di una stazione di controllo principale, usualmente indicata con l'acronimo MCS (Master Control Station), di una stazione di controllo di back up (BMCS), di 6 stazioni di monitoraggio, ognuna delle quali indicata con la sigla MS (Monitor Station) e di 4 antenne di terra , note singolarmente con la sigla GA (Ground Antenna).

La stazione di monitoraggio usa i ricevitori GPS per puntare passivamente tutti i satelliti del sistema in vista, o meglio quelli sopra l'orizzonte locale di almeno 5 gradi, anche se poi la MCS considera per i calcoli solo quelli con un angolo sopra l'orizzonte di almeno 15 gradi.

I sensori ambientali sono usati per la raccolta di dati meteorologici locali. La MCS usa questi dati durante la determinazione della posizione dell'utente per correggere l'errore causato dal passaggio del segnale elettromagnetico proveniente dal satellite attraverso la troposfera con la rifrazione, da cui consegue il ritardo nella ricezione.

Il processore computerizzato controlla i dati registrati dai ricevitori e costituisce l'interfaccia tra la stazione di monitoraggio e la MCS.

Ogni stazione di monitoraggio ha la capacità di seguire fino a 11 satelliti contemporaneamente puntandoli ininterrottamente per il loro intero intervallo di visibilità e registrandone la pseudo-distanza ogni 1,5 secondi. Durante il puntamento inoltre, la stazione archivia dati inerenti alla navigazione ed allo stato del satellite e li invia alla MCS ogni 6 secondi, unitamente a dati sullo stato della stazione stessa. Il passaggio di dati tra una stazione di monitoraggio e la MCS avviene attraverso una combinazione di canali di comunicazione satellitare riservati e linee terrestri.

La MCS compie istantaneamente funzioni come il comando e il controllo del satellite, nonché il comando e il controllo delle infrastrutture a terra. Essa stessa inoltre assolve nel tempo ai compiti di pianificazione, analisi delle prestazioni e di manutenzione del software.

La ridondanza dei componenti della MCS unitamente ad un sistema di rapido intervento garantisce, in caso di necessità, la richiesta operatività di 24 ore su 24.

Nel dettaglio le principali attività svolte dalla MCS sono:

1. Valutare la validità dei dati provenienti dalle stazioni di monitoraggio
2. Registrare le prestazioni nel tempo del sistema GPS
3. Stimare l'errore negli orologi atomici a bordo dei satelliti
4. Valutare le reali effemeridi di ogni satellite
5. Costruire per ogni satellite il 'messaggio di navigazione', che sarà poi divulgato dal satellite stesso agli utenti

Ogni 'messaggio di navigazione' è trasmesso dall'antenna di terra che lo invia al satellite interessato. L'antenna di terra trasmette in banda S, che non è presidiata ed assolve i compiti di inviare comandi ai satelliti GPS ed acquisire dati telemetrici.

Ogni satellite trasmette su 2 frequenze: L1 (1575,42 MHz) ed L2 (1227,6 MHz). L1 trasmette entrambi i codici P(Y) (Precision) e C/A (Corse/Aquisition) mentre L2 solamente il codice P(Y). L'attuale segnale per uso civile (non criptato),detto SPS, utilizza il codice C/A e pertanto è ricevuto sulla frequenza centrale L1 (1575,42 MHz) nella banda 1563,42 – 1587,42 MHz. La minima potenza di segnale ricevuto è specificato essere -160dBW. Il messaggio di navigazione GPS-SPS ricevuto da ogni satellite della costellazione contiene le seguenti informazioni: clock

del satellite, sue effemeridi, almanacco della costellazione GPS, informazioni sull'offset tra tempo GPS ed UTC e parametri di correzione per il ritardo ionosferico. Un intero messaggio di navigazione è ripetuto ogni 12'e 30", con clock ed effemeridi inviati ogni 30". Le informazioni sullo stato del satellite e le sue effemeridi sono aggiornate nominalmente ogni 2 ore.

6.3.1.3 Prestazioni

Copertura: il GPS è un sistema a copertura Globale impiegabile sino ad un altitudine di 3000 Km dalla superficie terrestre. Data la geometria della costellazione di satelliti GPS, le sue prestazioni variano a seconda della latitudine, della longitudine ed anche dei cicli delle macchie solari (11 anni).

Accuratezza: il segnale GPS-SPS fornisce un'accuratezza al 95% di 13 metri nel piano orizzontale e 22 metri in piano verticale. La sua accuratezza quale riferimento temporale è inoltre al 95% di 40 nanosecondi.

Disponibilità: la disponibilità su base mondiale con errori al 95% minori di 36/77 metri (H/V) è del 99%.

Continuità: indicativo della continuità del segnale SPS può essere il valore di 0,998/ora.

Affidabilità: la probabilità che l'errore di ranging del segnale GPS-SPS non ecceda i 30 metri è del 99,94%.

Integrità: il tempo di avviso all'utente dell'inattendibilità del messaggio GPS è dell'ordine di vari minuti, pertanto per applicazioni come quella aeronautica è necessario avere almeno la possibilità di RAIM (adeguato numero di satelliti in visibilità - almeno 5/6 - ed adeguato ricevitore).

Spettro: lo spettro di trasmissione dei satelliti GPS sono le bande 1559-1620 MHz (L1) e 1215-1260 MHz (L2). Il terzo segnale GPS civile (L5) occupa la banda 1164-1215 MHz (con centro 1176,45 MHz).

6.3.2 Cell ID

Sito Web: www.cellid.eu/

CellID offre un sistema capace di indicare coordinate GPS approssimative partendo dalle informazioni delle celle GSM/UMTS. Lo spunto per la creazione di questo sistema nasce da alcuni programmi antifurto per Symbian e con i quali, in caso di furto del telefonino, inviano ad un numero pre-impostato le informazioni della cella GSM/UMTS sulla quale si trovano. Con CellID si ha la possibilità di conoscere una posizione geografica approssimativa di una cella anche non essendo nel suo raggio di azione, semplicemente inserendone i dati nella relativa pagina web [20].

La risoluzione di un tale sistema è data esclusivamente al tipo di cella che si sta utilizzando/visionando. Considerando che in un sistema GSM la grandezze delle celle può

variare da un minimo di circa 200 metri ad un massimo di parecchie decine di chilometri, abbiamo classificato le celle nel modo seguente:

- macro-celle, l'antenna della stazione radio base è installata su un palo, o su una struttura, posti sul tetto di un edificio generalmente hanno impiego in città non molto grandi e in aree rurali
- micro-celle, l'antenna è installata ad un livello più basso, situazione tipica delle aree urbane ad alta densità abitativa
- pico-celle, hanno dimensioni limitate, dell'ordine di poche dozzine di metri, e sono di solito usate in ambienti chiusi quali canyon urbani
- celle a ombrello, sono usate per assicurare la copertura di zone lasciate scoperte da celle più piccole, o nei gap fra una cella e l'altra. Le antenne di queste celle sono di solito installate sulla sommità degli edifici più alti, o su altre strutture molto elevate.

In ogni caso la massima distanza fra una stazione radio-base ed un terminale è praticamente di 35 km, sebbene le specifiche del sistema GSM prevedrebbero distanze anche più che doppie.

6.3.3 Ekahau

Sito Web: www.ekahau.com

Ekahau RTLS è un sistema di localizzazione basato su tecnologia Wi-Fi che può lavorare con ogni marca e generazione di rete wireless offrendo una risoluzione pari ai 2 metri. Basandosi sullo standard Wi-Fi la soluzione Ekahau RTLS non richiede dispositivi diversi dai consueti impiegati in una comune rete wireless.

Il sistema è composto da diverse unità:

- Ekahau Tracker è l'applicazione lato utente che fornisce informazioni a quest'ultimo per mezzo di una serie di allarmi visivi e acustici
- Ekahau Finder è l'applicazione lato utente per visualizzare la posizione di persone e di oggetti
- Ekahau Engine è un servizio lato server composto dalle seguenti funzionalità:
    - Location Engine riceve la misure dello RSSI dal ricevitore a disposizione dell'utente e lo confronta con quelli memorizzati all'interno del proprio DB. Stima la posizione attuale del ricevitore utente
    - Event Handler for riceve le risposte provenienti da allarmi interni o scatenati dal terminale di utente e li indirizza verso la giusta applicazione
    - Open application APIs un insieme di funzioni e procedure utili per integrare, codice provenienti da altre fonti con il sistema nativo
    - Ekahau Location Survey un'applicazione utile al deploy iniziale della mappa di Potenza che verrà registrata all'interno del DB del sistema

Il sistema è basato sulla detection dei dati RSSI rilevati dal dispositivo ricevente.

6.3.4 Active Badge and Active Bat System

Sito Web: www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/ab.html

Il sistema Active Badge è stato progettato, realizzato e prototipato tra il 1989 ed il 1992. Ogni trasmettitore invia ogni 10 secondi un segnale nel infrarosso univoco, che viene ricevuto da ogni sensore posizionato in sua prossimità. La posizione di questi sensori, collocati su opportuni badge, può essere determinata sulla base del numero dei raggi rilevati e dalla informazione che essi trasportano.

Sito Web: http://www.vs.inf.ethz.ch/events/dag2002/program/ws/Beresford-Harle.pdf

Il sistema Bat Ultrasonic Location System anche chiamato Active Bat direttamente dal suo predecessore l'Active Badge. Fornisce una stima della posizione fornendo anche una stima sul'orientamento del bersaglio sfruttando l'algoritmo di trilaterazione.

Ogni utente ha collegato un Bat, un trasmettitore, che emette impulsi verso una griglia di ricevitori ad ultrasuoni posizionati ad intervalli di 1,5m l'uno dall'altro. Il sistema viene controllato da un server remoto che riceve le informazioni catturate dalla rete di sensori e le elabora al fine di stimare la posizione del Bat. L'accuratezza a cui arriva il sistema è di 3cm.

6.3.5 Cricket

Sito Web: http://nms.lcs.mit.edu/projects/cricket/

Il sistema Cricket combina l'accuratezza della tecnologia ad ultrasuoni con la rapidità e l'affidabilità delle onde radio. A differenza dell'Active Bat, sistema centralizzazato in cui il dispositivo di utente invia segnali alla rete centralizzata, nei Cricket sono Beacon, posizionati opportunamente in aree libere da ostacoli ad inviare continuamente e costantemente impulsi ad ultrasuoni e a radiofrequenza, contenenti la propria informazione. Ricevuti questi segnali è il dispositivo di utente che automaticamente ed autonomamente stima la propria posizione e informa l'utente.

La particolare struttura scelta permette al sistema Cricket di aggirare i problemi di privacy dell'utente e soprattutto semplifica il deploy della rete di Beacon che non hanno bisogno di essere connessi ad una infrastruttura comune, sfruttando come sincronizzazione, il paccheto radio.

Nonostante venga definite come un sistema scalabile Cricket presenta un enorme problema dovuto alla collisione di pacchetti radio e ad ultrasuoni all'interno di ambienti confinati particolarmente affollati. Inoltre a causa dell'elevata densità della rete di Beacon a volte si presenta l'incapacità di distinguere a quale pacchetto radio è riferito un determinato impulso ad ultrasuoni, portando ad un ritardo nel calcolo della posizione dovuto ad una seconda trasmissione delle informazioni.

6.3.6 Ubisense

Sito Web: www.ubisense.net/en

Il sistema di localizzazione Ubisense è basato sulla tecnologia radio UWB (Ultra Wide Band). I vantaggi di questa tecnologia, già indicati nella sezione precedente, ne fanno un'ottima soluzione per sistemi di localizzazione indoor.

L'utilizzo combinato di diverse tecniche di localizzazione : AoA, TDoA, porta ad una raccolta di informazioni di posizionamento diverso da parte degli stessi dispositivi, realizzando un sistema più robusto per ambienti non facilmente caratterizzabile per le comunicazioni radio, e.g. ambienti con presenza di oggetti metallici o con ostacoli reali.

Il sistema Ubisense può fornire informazioni sia in 2D che in 3D, ed arriva ad accuratezze dell'ordine del cm. Il software della Ubisense lavora sia su piattaforme Windows che Linux.

7 Conclusioni

Il documento redatto è la linea guida dei requisiti di sistema funzionali e non. Particolarmente utile per avere un quadro generale dell'intero sistema e per capire cosa sono chiamati a fare i vari attori di questo scenario d'azione.

Il deliverable viene concluso con un'analisi dell'attuale stato dell'arte sulle tecniche e sulle tecnologie oggi impiegate nel tentativo di fornire servizi di localizzazione.

8 Bibliografia

[1] SRS - Software Requirements Specification IEEE 830, http://standards.ieee.org/findstds/standard/830-1998.html

[2] The Internet Engineering Task Force (IETF), Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels, http://www.ietf.org/rfc/rfc2119.txt

[3] P. Sperandio, “Algoritmi di localizzazione per reti di sensori wireless”, tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria delle Telecomunicazioni e Microelettronica presso l’Università di Roma Tor Vergata, Marzo 2007

[4] Tian He, Chengdu Huang, Brian M. Blum, John A. Stankovic, Tarek Abdelzaher, “Range-Free Localization Schemes for Large Scale Sensor Networks”

[5] http://it.wikipedia.org/wiki/Errore_quadratico_medio

[6] http://it.wikipedia.org/wiki/Ricerca_operativa

[7] Rao B.S. and Durrant-Whyte H.F., “Fully decentralised algorithm for multisensor kalman Fitering”, Control Theory and Applications, volume 138, pages 413 {420. IEE Proceedings D, Sept. 1991

[8] I. Guvenc, C.T. Adballah, M. Jordan, and O. Dedeoglu, “Enhancement to rssi based indoor tracking systems using kalman filters”, International Signal Processing Conference (ISCP) and Global Signal Processing Expo (GSPx), March 2003

[9] Demetri P. Spanos and Richard M. Murray Reza Olfati-Saber, “Approximate distributed kalman filtering in sensor with quantifiable performance”, 2005 International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN)

[10] http://it.wikipedia.org/wiki/Disuguaglianza_di_Cram%C3%A9r-Rao

[11] http://it.wikipedia.org/wiki/Funzione_di_verosimiglianza

[12] Kiran Thapa, Steven Case, “An Indoor Positioning Service for Bluetooth Ad Hoc Networks”, Department of Computer & Information Sciences Minnesota State University, Mankato

[13] Bluetooth Special Interest Group (2001), ”Specification Volume 1, Specification of the Bluetooth System”, Core. Version 1.1, February 22, 2001

[14] A. K. M. Mahtab Hossain and Wee-Seng Soh, “A comprehensive study of Bluetooth signal parameters for localization”, The 18th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC’07)

[15] Ultrasonic Transducers, KT-400050, Data Sheet

[16] Sinan Gezici, Zhi Tian, Georgios B. Biannakis, Hisashi Kobayashi, Andreas F. Molisch, H. Vincent Poor, Zafer Sahinoglu, “Localization via Ultra-Wideband Radios”, Dicembre 2005

[17] Woo Cheol Chung and Dong Sam Ha, “An accurate ultra wideband (uwb) ranging for precision asset location”, Bradley Department of Electrical and Computer Engineering, Int. Conf. on Ultra Wideband Systems and Technologies, pp. 389-393, November 2003, Reston, Virginia

[18] HAGISONIC, “Localization system StarGazerTM for Intelligent Robots

[19] Gaetano Marrocco, La tecnologia RFID, Fondamenti fisici, limiti tecnologici e prospettive future, University of Roma Tor Vergata Dipartimento di Informatica Sistemi e Produzione

[20] www.cellid.eu