

Progetto  
"Casa intelligente per una longevità attiva ed indipendente dell'anziano"  
DGR 1464, 7/11/2011



**Ambient-Aware LifeStyle tutor, Aiming at a BETter Health**

(Tutoraggio dello stile di vita basato sulla intelligenza ambientale, per una salute migliore)

Risultato D5.1

## Prototipo del sensore indossabile: sviluppo e collaudo

Rev. 1.0, 25/02/2014 (autori: V. Bianchi, F. Montalto, G. Matrella)



## Introduzione

Nell'ambito del Progetto AALISABETH si intende utilizzare le tecnologie del settore Ambient Assisted Living con il fine di prevenire e supportare la gestione e la cura di patologie ampiamente diffuse nella popolazione anziana.

Obiettivo generale è quello di costruire un “sistema” di monitoraggio ambientale e personale che sia in grado di stimolare le persone anziane ad adottare stili di vita più salutari; il sistema, sfrutterà e coordinerà tecnologie eterogenee ad intelligenza distribuita che coopereranno fra di loro secondo dei modelli sviluppati dal progetto stesso.

Elementi cardine dell'approccio di AALISABETH sono gli “oggetti intelligenti”: ovvero elementi dell'ambiente di vita, dotati di intelligenza e di capacità di comunicazione, utili a monitorare costantemente comportamenti e abitudini delle persone utilizzatrici del sistema.

Dal punto di vista pratico, un “oggetto intelligente” è sostanzialmente un sensore inglobato negli oggetti di uso comune: si pensi, a mero titolo d'esempio, ad un letto o ad un divano equipaggiato con un sensore di occupazione; oppure a sensori che segnalino al sistema l'apertura del frigorifero.

Fra gli “*smart objects*” previsti nel contesto di AALISABETH giocano un ruolo cruciale i sensori indossabili, fondamentali per fornire informazioni riguardo:

1. L'identificazione dell'utente
2. La sua localizzazione
3. La misura della quantità del movimento
4. L'implementazione di funzioni assistive (quali pulsante di richiesta aiuto e riconoscimento automatico di caduta).

Le informazioni provenienti dai sensori indossabili elaborate congiuntamente alle informazioni provenienti da sensori clinici, ambientali, e dagli altri oggetti intelligenti, convergeranno in un unico spazio di conoscenza che, mediante forme di ragionamento automatico, potrà fornire indirizzo e supporto all'utente.



## L'attività 5.1

Nello specifico, questo documento è il risultato D5.1 e serve ad esporre l'attività "Prototipo del sensore indossabile: sviluppo e collaudo".

In questa attività ci si è concentrati sullo sviluppo di "smart objects" per il monitoraggio dell'attività. In particolare, l'obiettivo principale era lo sviluppo di un sensore indossabile, basato su accelerometro MEMS e dotato di ampia capacità di elaborazione locale. Il dispositivo (denominato MUSA), evoluzione di oggetti già sviluppati dall'Università di Parma, consente l'identificazione del portatore, fornisce indicazioni utili alla localizzazione dell'utente all'interno dell'ambiente domestico, misura il suo movimento e fornisce una funzione allarme sia in caso di pressione di un pulsante di emergenza che nel caso in cui sia stata riconosciuta (mediante l'elaborazione dei dati provenienti dall'accelerometro) una situazione di caduta. Inoltre, con la stessa tecnologia che c'è alla base di MUSA è stato implementato un meccanismo di rilevamento passaggi varchi altamente innovativo e utile a tracciare movimenti in ambienti significativi della casa (come la cucina, il bagno, ecc...).

Attività	Mesi																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

### Oggetti Intelligenti

Oggetti Intelligenti		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Coord. UPR		Task										Attività	Attività		Risultati	Attività		Risultati	Attività		Risultati				
T5.1	Ogg. Int. per il monitoraggio dell'attività	Task																							
T5.2	Ogg. Int. per il monit. dell'alimentazione	Task																							
T5.3	Erogatore intelligente di medicinali	Task																							

### Sperimentazione e collaudo

Sperimentazione e collaudo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Coord. MET														Attività		Risultati	Attività		Risultati	Attività		Risultati			
T5.1	Dimostratore AALISABETH													Task											
T5.2	Trial funzionale																								
T5.3	Valutazione																								

Legenda



Task



Attività



Risultati



## Il sensore MUSA

Il dispositivo indossabile MUSA (Fig. 1 e 2) è un dispositivo estremamente piccolo e leggero pensato per essere indossato in cintura. L'utente monitorato dovrebbe indossare sempre MUSA quando è all'interno dell'ambiente domestico, eccezion fatta per le ore notturne.



Fig. 1 – MUSA è indossabile mediante una comune cintura



Fig. 2 – il sensore indossabile MUSA ver. 3.0

## La tecnologia del sensore MUSA

Il dispositivo MUSA (fig. 3) comunica mediante una connessione wireless realizzata in tecnologia ZigBee [1]. Fondamentalmente, esso permette di richiedere assistenza tramite la pressione di un pulsante per le emergenze e di rilevare e segnalare automaticamente eventuali cadute del portatore.

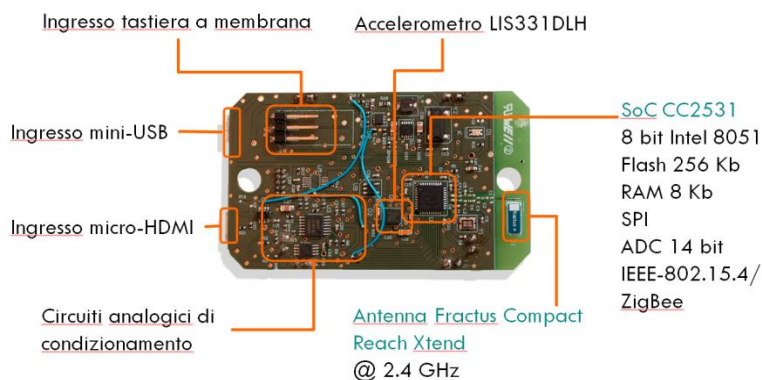


Fig. 3 – gli elementi del sensore MUSA

Dal punto di vista tecnologico MUSA è un sistema elettronico munito dei seguenti componenti:

- ingresso per tastiera a membrana,
- ingresso mini-USB,
- ingresso micro\_HDMI,
- circuiti analogici di condizionamento,
- antenna @2.4 GHz,
- Accelerometro MEMS LIS331DLH,
- SoC CC2531 equipaggiato con:
  - Micro 8 bit Intel 8051,
  - Flash 256 Kb,
  - RAM 8 Kb,
  - SPI,
  - ADC 14 bit,
  - modulo di comunicazione wireless IEEE-802.15.4 ZigBee).

## Funzioni base abilitate da MuSA

Come esposto in precedenza, le funzioni fondamentali abilitate dall'impiego del sensore MuSA sono le seguenti:

1. Identificazione
2. Funzioni assistive (pulsante di richiesta aiuto e riconoscimento automatico di caduta)
3. Analisi della quantità del movimento
4. Localizzazione

In seguito verranno descritti con maggiore dettaglio come tali funzioni vengono realizzate da un punto di vista tecnico e metodologico.

Inoltre vengo forniti dei cenni sulle attività di collaudo e verifica effettuate fino a questo momento.

Benché giunti ormai ad elevatissimo grado di maturazione, il dispositivo mobile MuSA è ancora soggetto a piccoli sviluppi e miglioramenti che ne richiedono una sperimentazione continua e puntuale.

## Funzione di Identificazione

Nel progetto AALISABETH è previsto che ogni utente indossi, almeno nelle ore diurne, il dispositivo MuSA tutte le volte che è all'interno del suo ambiente domestico.

Nella stessa casa, però, potrebbero esserci più persone che partecipano alla sperimentazione di AALISABETH, per questo motivo è necessario poter distinguere gli utenti uno dall'altro: questa funzione è possibile proprio grazie all'utilizzo di Musa.

Infatti, ogni qualvolta MuSA si associa a una rete ZigBee (gestita da un *coordinator* e ampliata da vari *router* dislocati nell'ambiente), questa ottiene un indirizzo di rete che permetterà all'utente di essere identificato univocamente. In una fase preliminare (“*set up*”), è il *coordinator* che crea la rete ZigBee e mette in connessione i diversi dispositivi presenti. Il *coordinator* in una rete Zigbee è infatti il nodo che si occupa della gestione della stessa, e può anche operare da ponte tra più reti: per queste sue funzioni ci può essere un solo *coordinatore* per ciascuna rete. Esso è inoltre in grado di memorizzare informazioni riguardo alla sua rete e può agire come deposito per le chiavi di sicurezza.

## Funzioni Assistive

MuSA nasce prima di tutto come dispositivo “assistivo” in grado di segnalare allarmi utente ed allarmi caduta [2, 3]. Nel primo caso la persona potrà inviare una richiesta di aiuto con la semplice pressione di un pulsante presente sul dispositivo (tasto rosso, fig. 2). Nel secondo caso, invece, MuSA è in grado di segnalare tempestivamente la rete qualora l'utente cadesse. Questo è possibile osservando i segnali provenienti dall'accelerometro triassiale a bordo.

Per valutare l'algoritmo che permette di rilevare la caduta sono stati effettuati una serie di test che miravano da un lato a misurare la capacità di rilevazione dell'evento e dall'altra la robustezza nei confronti della generazione di falsi allarmi, in seguito ad alcune azioni quotidiane diverse dalla caduta stessa. Le cadute simulate prevedevano la partenza del soggetto che svolgeva la prova da una posizione eretta per poi passare in posizione supina, seduta con il busto parzialmente reclinato, prona sorreggendosi sulle ginocchia o sdraiata in posizione laterale. Le azioni quotidiane prese in considerazione per valutare la robustezza ai falsi allarmi, invece, comprendevano tutti gli atti di rialzarsi a seguito delle cadute prima descritte, oltre allo sedersi ed all'alzarsi da sedie di due diverse altezze.

Tutte queste azioni sono state ripetute da dodici volontari di entrambi i sessi di simile età, 20-30 anni, e di peso e altezza che variano tra 51-78 kg e 1,63-1.92 metri.

Ogni volontario ha compiuto cinque prove per ogni caduta e per ogni falso allarme, per cui sono stati ricavati 300 test sulle prime prove e 540 test sulle seconde.

I risultati dimostrano che l'algoritmo ha funzionato nel 99% dei casi mentre ha prodotto falsi allarmi nel 2.22% dei casi. Funzione di analisi della quantità di movimento

### **Funzioni di analisi della quantità del movimento**

Le funzionalità del dispositivo sono state ampliate: attraverso l'utilizzo dell'accelerometro, già sfruttato per la caduta, si intende svolgere un'analisi comportamentale della persona e in particolare riconoscere alcune attività.

Dai tracciati accelerometrici opportunamente filtrati, vengono calcolati il modulo accelerometrico che viene integrato su una finestra di opportuna durata. Così facendo è possibile distinguere attività statiche da quelle dinamiche (fig. 4).

Nel caso di attività statica è possibile valutare l'orientamento del corpo per distinguere i casi in cui la persona è seduta, in piedi o sdraiata (fig. 5), mentre nel caso dinamico è possibile valutare se la persona sta camminando oppure compiendo transizioni tra due situazioni statiche, come la seduta e l'alzata da una sedia (6).

Il processo di riconoscimento è quindi iterativo e necessita di considerare anche la storia delle attività immediatamente precedenti a quella che si sta valutando.

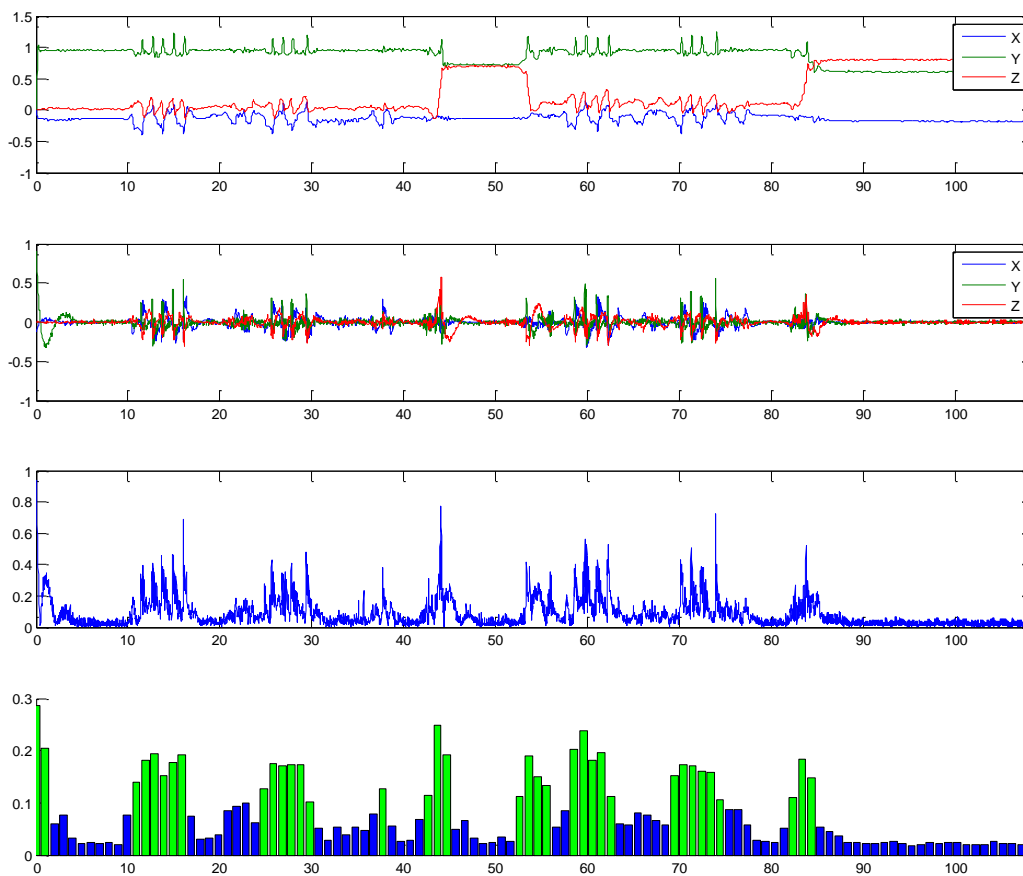


Fig. 4: Riconoscimento attività statica/dinamica

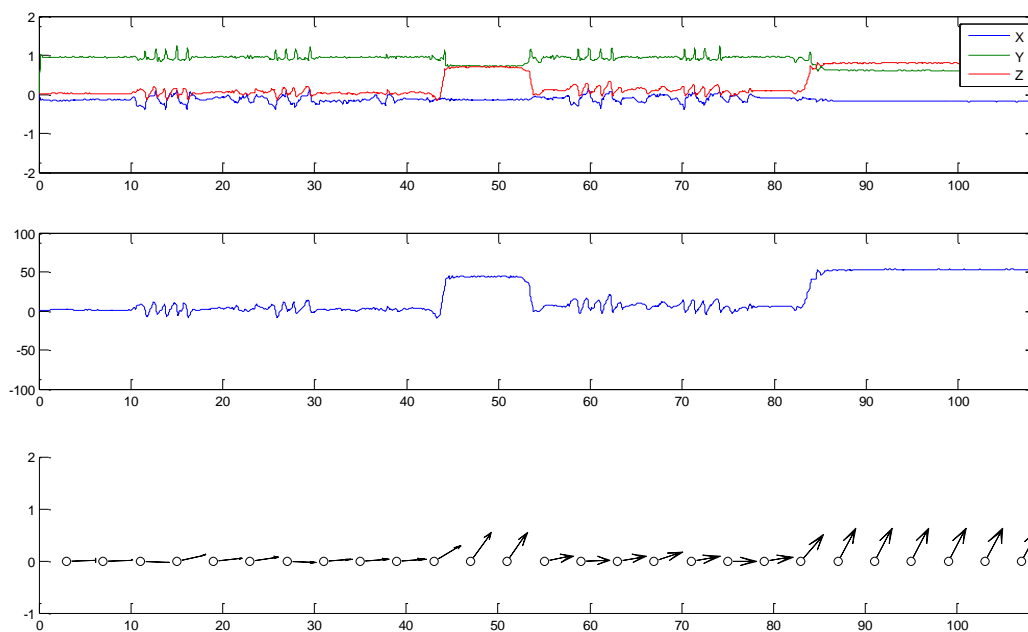


Fig. 5: Attività di riconoscimento di orientamento del busto.



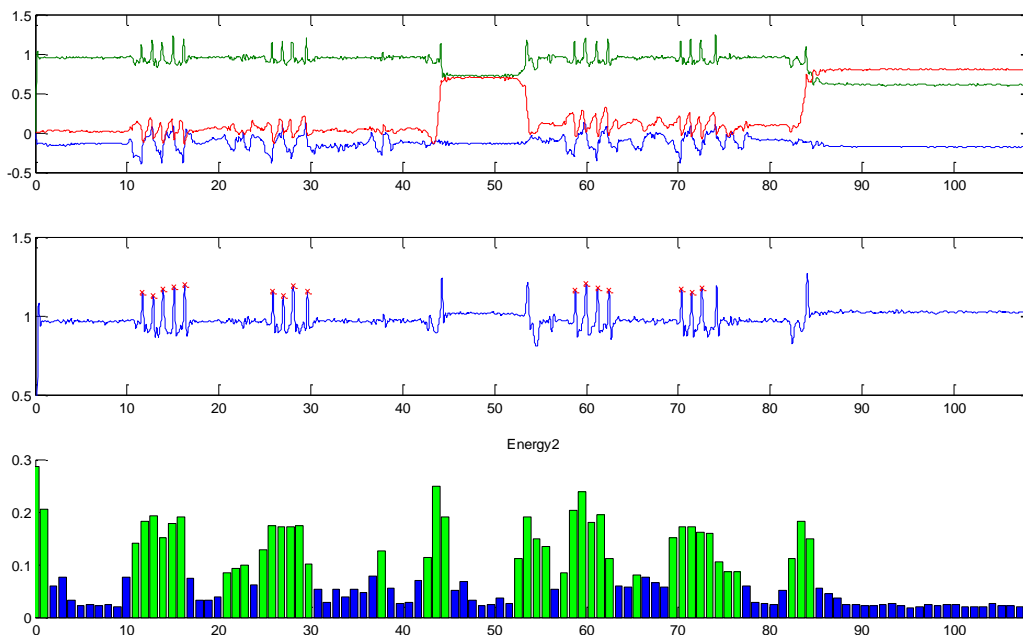


Fig. 6 : Attività dinamica, riconoscimento passi.

## Funzione di Localizzazione

Come visto nel punto precedente, è possibile riconoscere la camminata e questa è la base per l'implementazione della funzionalità di localizzazione *indoor* attraverso sensori inerziali. In questo caso è necessario espandere il sistema aggiungendo un giroscopio e un magnetometro (MuSA ver3.0, fig.2) per stimare la direzione di spostamento.

La prima fase consiste nel rilevare il passo e questo viene fatto ancora una volta attraverso il calcolo del modulo accelerometrico. Con successive integrazioni delle componenti di accelerazione è poi possibile risalire alla lunghezza del passo. Infine è necessario ricavare la direzione fondendo i dati del giroscopio con quelli del magnetometro (Fig. 7).

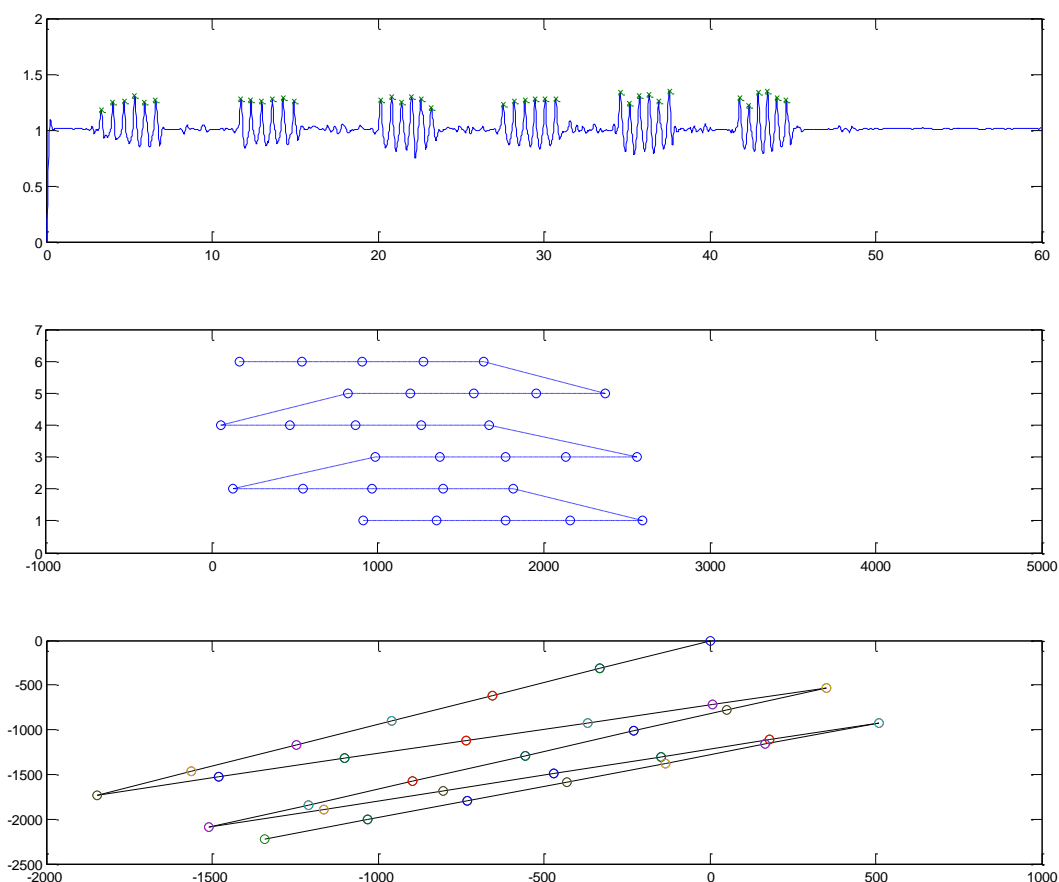


Figura 7: Misure di localizzazione indoor.

## Funzioni aggiuntive: identificazione del passaggio da un varco

La stessa infrastruttura tecnologica a cui si appoggia il sensore MuSA, ovvero la rete di comunicazione wireless ZigBee, può essere utilizzata per migliorare le performance della funzione di localizzazione dell'utente all'interno degli ambienti domestici.

Le operazioni di integrazione algebrica che vengono svolte per la funzione di localizzazione comportano errori di misura. E' quindi necessario affiancare il sistema di localizzazione con strumenti in grado di azzerare l'errore commesso e fornire una posizione più accurata.

A tale scopo, è stato ideato un sistema di rivelazione del passaggio della persona attraverso un "varco". Il principio di funzionamento è molto intuitivo e sfrutta la caratteristica del corpo umano di assorbire le onde radio: dato un varco, ovvero un luogo fisico di interesse di cui può essere importante conoscere gli attraversamenti da parte di un determinato utente (per esempio una porta)

allora è possibile porre a distanza ravvicinata due nodi ZigBee (nodi A e B, ai lati della porta in fig. 8); tali nodi si scambiano a vicenda un messaggio, e ogni nodo può estrarre da questo messaggio il parametro RSSI (Received Signal Strength Indicator), indicativo della potenza del segnale ricevuto.

Quindi, ogni volta che il “varco intelligente” percepisce un passaggio viene inviato un messaggio ai MuSA presenti nella rete. Dalla risposta di ognuno di essi il varco ricava il valore di RSSI e lo invia al coordinatore della rete: per stabilire quale nodo mobile sia stato localizzato si fa riferimento al valore di RSSI più alto, che generalmente appartiene al dispositivo MuSA più vicino al varco, trovando quindi il dispositivo che ha la probabilità più alta di averlo attraversato. Siccome però non è possibile garantire l’assoluta certezza del risultato di questa operazione, è stato implementato un decisore con il compito di gestire tutti i possibili casi e fornire una probabilità indicativa della correttezza della scelta effettuata.



Fig. 8 – una porta equipaggiata con due nodi wireless (A, B) per realizzare la funzione “varco”

Le prime prove svolte miravano a capire la capacità del varco di rilevare il passaggio di una persona. Queste prove hanno mostrato una buona affidabilità. Da questi test è stato poi possibile

calcolare la distanza ottimale e quella limite tra i due dispositivi che formano un varco affinché il sistema sia affidabile, nonché la frequenza di trasmissione dei dati.

Le prove successive erano invece rivolte alla capacità di identificazione: è stato preso in esame il caso in cui nella rete siano presenti due dispositivi mobili. Dai risultati di questi test si è verificato che, nonostante sia possibile che uno dei due varchi non riceva la risposta del nodo mobile di interesse (percentuale inferiore al 15% dei casi), nel 100% dei test effettuati almeno uno dei due varchi l'ha ricevuta correttamente.

Ci sono però da tenere in considerazione casi particolari, risolvibili soltanto mediante l'implementazione di un "decisore".

Siccome, come già affermato in precedenza, non si può garantire con estrema certezza quale dei dispositivi abbia realmente attraversato il varco soprattutto nel caso in cui ne siano presenti molteplici nelle sue vicinanze, il decisore ha il compito fondamentale di attribuire ad ogni possibile caso una percentuale che indichi la correttezza della decisione. La logica per ora adottata è molto semplice: nel momento in cui entrambi i varchi abbiano ricevuto valori concordanti, si verifica il caso migliore e viene fornita una percentuale del 99%. Nel secondo caso, se i due varchi risultano essere discordi, la probabilità si abbassa al 50%. Nel terzo caso viene invece considerata la possibilità che uno dei due varchi non percepisca l'avvenuto attraversamento ed in questo caso il decisore fornisce al MuSA scelto una percentuale del 75%.

Effettuando numerose prove in seguito all'implementazione del decisore, è stata rilevata una percentuale di decisione corretta superiore al 95%.

## Riferimenti

[1] <http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

[2] "Sviluppo di un sensore indossabile basato su tecnologie MEMS per applicazioni Ambient Assisted Living", Tesi di Dottorato, Valentina Bianchi, Università di Parma, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, 2010.

[3] "A Wearable Assistive Device for AAL Applications", Francesco Montalto, Valentina Bianchi, Ilaria De Munari, Paolo Ciampolini, , 12th European AAATE Conference, 19-22 Settembre 2013, Vilamoura, Portogallo.