

# **POLITECNICO DI MILANO**

Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione  
Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria

Corso di Laurea Magistrale in  
Ingegneria Informatica



Analisi critica delle competizioni per robot autonomi

Laboratorio di Robotica e Intelligenza Artificiale  
del Politecnico di Milano

Relatore: Prof. Francesco AMIGONI

Correlatore: Prof. Viola SCHIAFFONATI

Tesi di Laurea Magistrale di:

Erica BLANCATO  
Matricola 766395

Anno Accademico 2014 - 2015



*"Può una macchina pensare come un essere umano? Molti dicono di no. Il problema è che è una domanda stupida. È ovvio che le macchine non possono pensare come le persone. Una macchina è diversa da una persona e pensa in modo diverso. La domanda interessante è poiché qualcosa pensa diversamente da noi vuol forse dire che non sta pensando? Noi ammettiamo che gli esseri umani abbiano divergenze gli uni dagli altri. Lei ama le fragole, io odio pattinare, lei piange ai film tristi, io invece sono allergico al polline. Qual è il punto di avere gusti diversi, diverse preferenze se non mostrare che i cervelli lavorano diversamente e che pensiamo diversamente. E se diciamo questo delle persone non possiamo dire lo stesso di cervelli fatti di rame e acciaio e cavi?"*

*(Benedict Cumberbatch nel ruolo di Alan Turing nel film "The imitation game")*



## Sommario

Negli ultimi anni i robot autonomi sono stati al centro di numerose ricerche in campo ingegneristico. Come spesso avviene con l'evoluzione delle nuove tecnologie, sono nate delle competizioni tra robot per metterne in risalto le abilità e per promuovere la loro evoluzione con lo sviluppo di nuove soluzioni. Di recente è stato proposto di considerare tali competizioni tra robot come degli esperimenti scientifici. Lo scopo della tesi è quello di approfondire la relazione tra competizioni robotiche ed esperimenti. Verranno valutate le condizioni in cui alcune competizioni si svolgono e sotto le quali una competizione possa essere considerata un vero e proprio esperimento. Al termine di questo lavoro, si evidenzia una corrispondenza tra le competizioni analizzate e le diverse tipologie di esperimento scientifico.



# Ringraziamenti

Desidero ringraziare innanzitutto il professore Francesco Amigoni e la professoressa Viola Schiaffonati per la pazienza, la cortesia e il grande aiuto che mi hanno dimostrato.

Ringrazio i miei colleghi Tiziana, Michela, Marcello, Niccolò, Laura, Mattia, Stefano, Luca, Giacomo e Carlo per aver avuto tanta pazienza nelle ultime settimane di lavoro e per avermi sempre supportata a continuare. In particolar modo Tiziana, infatti è solo grazie alla sua copertura e “autorità” che sono riuscita a terminare il lavoro per tempo e a trovare anche un abbigliamento adatto all’occasione.

Sono grata a MHT per avermi dato l’occasione di conoscere delle persone incredibili e l’ottimismo necessario per potermi laureare.

Un sostegno morale (e non solo) determinante mi è stato donato anche dai miei cari amici Simone, Charlie, Simona, Sabrina, Isaia, Chiara, Piddu e Sinéad.

Desidero ringraziare anche Luca e Francesco per l’aiuto offerto durante il corso del lavoro.

Infine, il vero e sincero ringraziamento lo rivolgo a delle persone speciali, che non solo hanno contribuito moralmente e non alla redazione di questo documento, ma sono convinta che per la quantità di sostegno offertami, il loro nome dovrebbe trovarsi di fianco al mio in prima pagina: un grazie speciale a mia sorella Alessandra, al mio ragazzo Andrea e ai miei genitori Alfredo e Lucilla. Un grazie singolare lo rivolgo in particolar modo ad Andrea: sei riuscito a tollerare il mio stress contagioso, i weekend chiusi in casa, i pomeriggi insieme a tradurre e le serate a scrivere senza mai lamentarti. A te in particolare e a voi tutti dico una sola cosa: GRAZIE. È solo grazie a tutti voi che questo lavoro è finalmente potuto diventare reale.





# Indice

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>13</b>
<b>STATO DELL'ARTE .....</b>	<b>17</b>
2.1 ROBOCUP MIDDLE SIZE SOCCER LEAGUE (MSL) .....	18
<b>2.1.1 Specifiche sui robot .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2 Specifiche sull'ambiente e scenario .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre .....</b>	<b>21</b>
2.2 DARPA ROBOTIC CHALLENGE (DRC) .....	25
<b>2.2.1 Specifiche sui robot .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2 Specifiche sull'ambiente e scenario .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre .....</b>	<b>37</b>
2.3 EURATHLON .....	39
<b>2.3.1 Specifiche sui robot .....</b>	<b>39</b>
<b>2.3.2 Specifiche sull'ambiente e scenario .....</b>	<b>42</b>
<b>2.3.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre .....</b>	<b>45</b>
2.4 HUMANITARIAN ROBOTICS AND AUTOMATION TECHNOLOGY CHALLENGE (HRATC) .....	51
<b>2.4.1 Specifiche sui robot .....</b>	<b>51</b>
<b>2.4.2 Specifiche sull'ambiente e scenario .....</b>	<b>52</b>
<b>2.4.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre .....</b>	<b>54</b>
2.5 ROCKIN@HOME .....	56
<b>2.5.1 Specifiche sui robot .....</b>	<b>56</b>
<b>2.5.2 Specifiche sull'ambiente e scenario .....</b>	<b>57</b>

<b>2.5.3</b>	<b>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre.....</b>	62
2.6	ROBOCUP SOCCER - SIMULATION LEAGUE (SL).....	67
<b>2.6.1</b>	<b>Specifiche sui robot.....</b>	67
<b>2.6.2</b>	<b>Specifiche sull'ambiente e scenario.....</b>	70
<b>2.6.3</b>	<b>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre.....</b>	72
2.7	ROBOCUP SOCCER - SMALL SIZE LEAGUE (F180).....	75
<b>2.7.1</b>	<b>Specifiche sui robot.....</b>	75
<b>2.7.2</b>	<b>Specifiche sull'ambiente e scenario.....</b>	76
<b>2.7.3</b>	<b>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre.....</b>	79
2.8	ROBOCUP SOCCER - STANDARD PLATFORM LEAGUE (SPL).....	80
<b>2.8.1</b>	<b>Specifiche sui robot.....</b>	80
<b>2.8.2</b>	<b>Specifiche sull'ambiente e scenario.....</b>	81
<b>2.8.3</b>	<b>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre.....</b>	84
2.9	ROBOCUP SOCCER – HUMANOID LEAGUE (HL).....	86
<b>2.9.1</b>	<b>Specifiche sui robot.....</b>	86
<b>2.9.2</b>	<b>Specifiche sull'ambiente e scenario.....</b>	88
<b>2.9.3</b>	<b>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre.....</b>	90
2.10	ROBOCUP@HOME LEAGUE.....	92
<b>2.10.1</b>	<b>Specifiche sui robot.....</b>	92
<b>2.10.2</b>	<b>Specifiche sull'ambiente e scenario.....</b>	93
<b>2.10.3</b>	<b>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre.....</b>	100
2.11	ROBOCUP RESCUE – RESCUE ROBOT.....	103
<b>2.11.1</b>	<b>Specifiche sui robot.....</b>	103
<b>2.11.2</b>	<b>Specifiche sull'ambiente e scenario.....</b>	104
<b>2.11.3</b>	<b>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre.....</b>	114
2.12	ROBOCUP RESCUE – RESCUE SIMULATION.....	118
<b>2.12.1</b>	<b>Specifiche sui robot.....</b>	119
<b>2.12.2</b>	<b>Specifiche sull'ambiente e scenario.....</b>	122
<b>2.12.3</b>	<b>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre.....</b>	128
2.13	ROBOCUP@WORK LEAGUE.....	132
<b>2.13.1</b>	<b>Specifiche sui robot.....</b>	132
<b>2.13.2</b>	<b>Specifiche sull'ambiente e scenario.....</b>	133

2.13.3	<b><i>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre</i></b> .....	140
2.14	INTERNATIONAL MICRO AIR VEHICLE CONFERENCE AND FLIGHT COMPETITION (IMAV) 2013.....	144
2.14.1	<b><i>Specifiche sui robot</i></b> .....	144
2.14.2	<b><i>Specifiche sull'ambiente e scenario</i></b> .....	145
2.14.3	<b><i>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre</i></b> .....	153
2.15	INTERNATIONAL MICRO AIR VEHICLE CONFERENCE AND FLIGHT COMPETITION (IMAV) 2014.....	156
2.15.1	<b><i>Specifiche sui robot</i></b> .....	156
2.15.2	<b><i>Specifiche sull'ambiente e scenario</i></b> .....	157
2.15.3	<b><i>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre</i></b> .....	162
2.16	RAT'S LIFE.....	165
2.16.1	<b><i>Specifiche sui robot</i></b> .....	165
2.16.2	<b><i>Specifiche sull'ambiente e scenario</i></b> .....	166
2.16.3	<b><i>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre</i></b> .....	168
2.17	AAAI MOBILE ROBOT COMPETITION 2007 SEMANTIC ROBOT VISION CHALLENGE.....	171
2.17.1	<b><i>Specifiche sui robot</i></b> .....	171
2.17.2	<b><i>Specifiche sull'ambiente e scenario</i></b> .....	172
2.17.3	<b><i>Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre</i></b> .....	174
<b>DISCUSSIONE</b> .....		<b>179</b>
3.1	DISCUSSIONE SULLE SPECIFICHE DEI ROBOT .....	181
3.1.1	<b><i>Confronto delle competizioni con piattaforme robotiche standard</i></b> .....	182
3.1.2	<b><i>Confronto delle competizioni calcistiche</i></b> .....	183
3.1.3	<b><i>Confronto delle competizioni rischiose</i></b> .....	185
3.1.4	<b><i>Confronto delle competizioni funzionali</i></b> .....	188
3.1.5	<b><i>Riepilogo sulla struttura dei robot</i></b> .....	190
3.2	DISCUSSIONE SUGLI SCENARI.....	191
3.3	DISCUSSIONE DISTRIBUZIONE PUNTEGGI E RICONOSCIMENTI.....	196
3.4	DISCUSSIONE SULLA GESTIONE DEI TURNI DELLE SQUADRE.....	201
3.5	CONCLUSIONI E RIEPILOGO DELLE COMPETIZIONI ROBOTICHE TRATTATE COME ESPERIMENTI .....	203
<b>CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI</b> .....		<b>209</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....		<b>211</b>



# Capitolo 1

## Introduzione

Negli ultimi anni i robot autonomi sono stati al centro di numerose ricerche in campo ingegneristico e, più in particolare, in quello dell'intelligenza artificiale. Come spesso avviene con l'evoluzione delle nuove tecnologie, sono nate delle competizioni tra robot per metterne in risalto le abilità ed evolvere lo sviluppo di nuove soluzioni.

Di recente è stato proposto di considerare tali competizioni tra robot come degli esperimenti scientifici [6]. È evidente che tra una competizione e un esperimento ci sono delle sostanziali differenze [1]; la principale è che un esperimento viene ideato e attuato per verificare una specifica ipotesi e segue i principi tradizionali sperimentali (confronto, ripetibilità e riproducibilità, giustificazione/spiegazione). Le competizioni, invece, sono valutazioni comparative delle capacità e abilità mostrate dai concorrenti. Bisogna considerare che una competizione tra robot richiede l'implementazione di diversi sottosistemi la cui singola valutazione è spesso effettuata seguendo il paradigma sperimentale. Si possono infatti valutare i sottosistemi in due modi differenti: giudicando le prestazioni di un sistema robotico, oppure definendo con precisione dei parametri di valutazione per una singola funzionalità del robot. Tale visione può aiutare a comprendere meglio il fondersi della competizione stessa con un esperimento.

Al netto delle differenze che intercorrono tra una competizione robotica ed un esperimento, si possono identificare alcune similarità. Sia gli esperimenti scientifici che le competizioni devono essere realizzate in ambienti definiti, controllati e riproducibili.

In aggiunta, per entrambe vengono eseguite delle misurazioni di quello che si sta osservando (o testando nel caso delle competizioni) secondo criteri ben definiti.

Lo scopo della tesi è quello di approfondire la relazione tra competizioni robotiche ed esperimenti. Verranno valutate le condizioni in cui un insieme significativo di competizioni si svolgono e sotto le quali una competizione possa essere considerata un vero e proprio esperimento.

Generalmente in queste competizioni alcuni robot autonomi agiscono in un ambiente dinamico, ma controllato, con un compito ben definito da portare a termine e in cui è possibile verificare facilmente il successo o il fallimento.

La comunità robotica organizza centinaia di eventi ogni anno che hanno un effetto molto positivo perché incoraggiano i partecipanti ad affrontare sempre nuove sfide in ambito tecnologico [2]. Queste competizioni permettono l'avanzamento nel campo della robotica e dei suoi sottosistemi, tuttavia rischiano di soffrire di limitazioni nel momento in cui si vuole attribuire un valore scientifico, ossia di accrescimento rigoroso di nuova conoscenza, a tali eventi. Per questo, si sta cercando di fare in modo che le competizioni robotiche adottino un approccio scientifico e oggettivo per le valutazioni. Si deve cercare pertanto di trattarle come se fossero veri e propri esperimenti scientifici.

Un esperimento in generale può essere inteso come un insieme di osservazioni e azioni, svolte in un contesto controllato, con lo scopo di testare delle ipotesi. Gli esperimenti nel campo dell'informatica possono essere concettualizzati in cinque modi differenti [7]: esperimento di fattibilità (dimostrazione empirica), esperimento di prova (valuta i vari aspetti di un sistema usando delle variabili predefinite), esperimento sul campo (valuta le prestazioni di un sistema in un contesto reale), esperimento comparativo (valuta soluzioni differenti trovando la migliore) ed infine esperimento controllato (esperimento scientifico per antonomasia).

La base di ogni esperimento scientifico consiste nella riproducibilità e nella ripetibilità. La riproducibilità è la possibilità di verificare in maniera indipendente il risultato di un dato esperimento. La ripetibilità è il fatto che un singolo risultato non è sufficiente per assicurare il successo dell'esperimento. Bisogna infatti dimostrare che il risultato non è stato conseguito in maniera casuale, ma in maniera sistematica e controllata. Assicurare queste due condizioni nel contesto di una competizione robotica è molto difficile. In primo luogo, una competizione mira a stabilire un vincitore in un determinato momento storico ed è difficilmente riproducibile. Anche la ripetibilità è critica perché in una competizione spesso si cerca il modo migliore di risolvere un determinato problema sotto determinate condizioni non sempre generalizzabili.

Nel corso della tesi saranno trattate nel dettaglio un elenco di competizioni che verranno valutate e classificate secondo diversi criteri come, per esempio, i limiti imposti agli attuatori e sensori dei robot, oppure i fattori che influenzano uno specifico scenario.

Alla fine del lavoro, si proporrà un'analisi critica della rassegna nell'ottica di considerare le competizioni come esperimenti.

La tesi è strutturata nel modo seguente. Nel Capitolo 2 si mostra e si discute nel dettaglio un elenco di competizioni robotiche internazionali per robot autonomi. Nel Capitolo 3 si illustra un'analisi critica e comparativa delle competizioni presentate nel Capitolo 2. Nel Capitolo 4, si riassumono le valutazioni del lavoro svolto e suggeriamo ulteriori direzioni per i lavori futuri.





## Capitolo 2

### Stato dell'arte

In questo Capitolo si elencano una lista di competizioni robotiche internazionali per robot autonomi [9]. Sono state escluse dall'analisi tutte quelle competizioni rivolte alle scuole (medie, superiori e inferiori) e quelle che prevedono l'utilizzo di robot non completamente autonomi. Le regole e le specifiche descritte per ogni competizione fanno riferimento all'anno dell'ultima competizione terminata con successo.

Il lavoro si concentra quindi solo sulle competizioni per robot completamente autonomi perché possiedono un maggior valore tecnico/scientifico e meglio si prestano all'analisi del Capitolo 3.

Ogni competizione viene analizzata seguendo questa struttura: specifiche del robot, specifiche sull'ambiente e scenario, distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre. Nelle specifiche sui robot vengono specificati i requisiti e le restrizioni applicate per i robot partecipanti. Questa Sezione è a sua volta suddivisa in base alla struttura, agli attuatori, ai sensori e alla comunicazione dei robot. Nelle specifiche sull'ambiente vengono descritte le arene e gli scenari in cui i robot dovranno confrontarsi. Questa parte è suddivisa in una Sezione che illustra la struttura dell'arena e in un'altra che spiega invece lo scenario utilizzato nella competizione. Nella Sezione finale, si discute sulla distribuzione dei punteggi, la gestione dei turni delle squadre, i riconoscimenti assegnati e la classifica dei partecipanti dell'anno a cui il regolamento

fa riferimento. Sono state scelte queste tre sezioni perché esse sono la base per poter mappare, nel successivo Capitolo 3, ogni competizione come esperimento scientifico.

Nei paragrafi successivi sono descritte le competizioni robotiche selezionate.

## **2.1 RoboCup Middle Size Soccer League (MSL)**

La RoboCup Middle Size Soccer League è uno dei campionati di calcio per robot della RoboCup. Due squadre composte da cinque robot autonomi si sfidano su un campo da calcio di medie dimensioni.

### **2.1.1 Specifiche sui robot**

#### STRUTTURA

Le misure dei robot devono rispettare alcuni parametri: le dimensioni massime sono 52 x 52 x 80 cm, l'altezza minima dev'essere di almeno 40 centimetri, il peso massimo è di 40kg; inoltre la colorazione dev'essere standard per tutte le macchine (nera opaca con vernice anti riflesso) [11].

#### ATTUATORI

I robot devono muoversi con ruote ed essere forniti di un meccanismo per gestire la palla.

#### SENSORI

É consentito qualsiasi tipo di sensore sul robot, a patto che sia implementato sul robot, faccia parte del suo equipaggiamento e non implichi una manipolazione dell'ambiente, come per esempio applicare dei segni sul terreno.

## COMUNICAZIONE

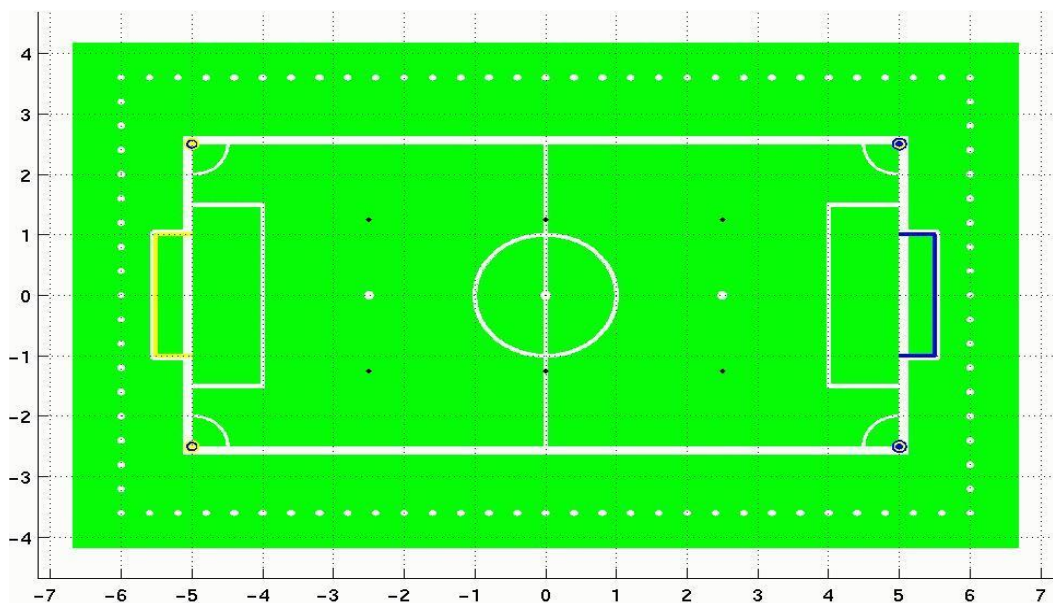
La comunicazione tra i robot, inoltre, è wireless e deve rispettare le specifiche IEEE 802.11. E' ammessa la comunicazione tra i membri della squadra e un computer remoto.

### **2.1.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

Il campo di gioco deve essere rettangolare, con una lunghezza compresa tra gli otto e i dieci metri. La larghezza invece deve essere almeno la metà della sua lunghezza, come si può vedere in Figura 2.1.1 [10]. Intorno al campo non ci dovrebbero essere muri, la linea di confine bianca deve avere uno spessore di 12,5 cm ed essere a una distanza tale che il robot possa liberamente muoversi al di fuori di essa. Per problemi di sicurezza l'area di gioco è circondata da reti, pali e tubi distanti circa un metro dal confine per impedire ai robot di uscire dall'area di gioco e dalle aree limitrofe atte per il rientro dei suddetti.

Il colore della superficie del campo, infine, deve essere verde.



*Tabella 2.1.1. Modello dell'area di gioco proporzionato della RoboCup MSL.*

Qualsiasi tipo di sorgente luminosa deve essere disposta sopra il campo e deve essere regolata tra i 500 e 1500 lux. A differenza di un campo da calcio standard FIFA al posto delle bandierine agli angoli del campo ci sono dei cilindri di 90 cm di altezza, dal diametro di 20 cm. Essendo che le porte sono di colore diverso, questi cilindri dovrebbero avere per due terzi il colore della porta dello stesso lato del campo; l'ultimo terzo, invece, avrà il colore della porta dal lato opposto del campo. La palla utilizzata per giocare deve essere conforme agli standard FIFA, come un normale pallone utilizzabile nelle competizioni ufficiali. Il comitato di organizzazione del torneo è il responsabile dell'approvazione dei palloni utilizzati, compresi i loghi e gli emblemi applicati su di essi.

## SCENARIO

La partita è giocata da due squadre equilibrate composte da un numero di giocatori compreso tra due e cinque. La partita è composta di due tempi da quindici minuti ciascuno, con un intervallo che non deve superare i quindici minuti. Tutti i robot possono iniziare a muoversi e venire fermati tramite comunicazione wireless, proveniente da fuori campo. Eseguire queste due azioni manualmente dovrebbe essere un'eccezione che può essere effettuata solo su specifico permesso dell'arbitro. Prima del calcio d'inizio tutti i robot si devono muovere autonomamente nella loro posizione di partenza all'interno della loro metà campo: nel caso in cui il robot non possa posizionarsi autonomamente, può essere controllato tramite joystick da remoto. In qualche situazione il robot può rimanere incastrato o bloccato: in questo caso un membro del team può aiutarlo leggermente a tornare in posizione.

La palla si considera in gioco quando è mossa dal team attaccante. Se questo non succede entro i primi dieci secondi dopo il calcio d'inizio la palla viene riassegnata all'altra squadra, che avrà a sua volta altri dieci secondi per giocare la palla; sono consentiti interventi esterni da parte dell'uomo solo per quanto riguarda le sostituzioni o le rimozioni. Un goal viene segnato quando il pallone oltrepassa interamente la linea della porta, tra i pali della porta e sotto la traversa (a condizione che non siano state violate altre regole del gioco appena prima del goal); la squadra che segna il maggior numero di goal durante una partita è la vincitrice, mentre se entrambe le squadre segnano lo stesso numero di goal la partita finisce in pareggio. Per le partite che terminano in parità, le regole possono prevedere tempi supplementari oppure altre procedure per determinare il vincitore di una partita.

### **2.1.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre**

GESTIONE TURNI

La sfida è gestita con un torneo. Ci sarà una fase preliminare dove le squadre verranno assegnate a un gruppo, il cui numero viene deciso dal comitato organizzativo; ogni squadra dovrà giocare una volta contro tutte quelle del proprio gruppo, guadagnando punti in funzione delle vittorie/sconfitte/pareggi. Le migliori otto squadre per ogni gruppo verranno promosse ai playoff, composti da quarti di finale, semifinali e finale. Ogni turno è deciso da una singola partita.

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

Nel turno preliminare vengono assegnati tre punti per la squadra vincente, zero per la perdente e uno a testa per un pareggio. Nei playoff vengono contati il numero di goal. Se una squadra non si presenta alla sfida, subirà una sconfitta a tavolino per 3-0. Oltre alla sfida, i cui vincitori saliranno su un podio, verranno assegnati altri punteggi relativi alle competenze tecniche e scientifiche dei robot. Tutte le squadre partecipanti al torneo devono prendere parte a queste sfide, altrimenti potrebbero essere squalificate.

L'obiettivo della **sfida tecnica** è quello di incoraggiare le squadre a migliorare la loro capacità di affrontare il gioco su una superficie diversa e quindi con un comportamento dinamico. Questa sfida viene eseguita da un robot attivo (o al massimo 2) e uno passivo su un campo 12m x 9m di erba sintetica. Il robot passivo sarà il portiere che deve rimanere statico oppure disconnesso al centro dell'area di difesa avversaria. Il robot attivo invece dovrà rimanere nella propria area di rigore. Sono posizionati 3 ostacoli neri a caso nel campo insieme alla palla da gioco. Il robot attivo dovrà identificare la palla, palleggiarla fino all'area di difesa nemica evitando gli ostacoli e infine tirarla entro 2 metri di distanza dalla zona in cui c'è il portiere fermo. La sfida avrà 3 prove con 90 secondi di tempo massimo ciascuna.

Nella **sfida scientifica** le squadre sono libere di mostrare i loro risultati ottenuti e i loro obiettivi futuri. Sarà poi compito del giudice in funzione di alcuni punti stabilire il punteggio più appropriato per ognuno. Vengono assegnati da uno a dieci punti in funzione di alcuni parametri: presentazione, novità, interessi per il futuro, complessità tecnica/scientifica, importanza dei risultati sperimentali dimostrati e rilevanza dei risultati pubblicati presentati come supporto per questa sfida.

## CLASSIFICA 2014

La classifica del torneo finale è rappresentata nella Tabella 2.1.1.

<i>Classifica</i>	<i>Nome team</i>	<i>Nazionalità</i>
1	TechUnited	Eindhoven University of Technology, Paesi Bassi
2	Water	Beijing Information Science & Technology University, Cina
3	CAMBADA	University of Aveiro, Portogallo

*Tabella 2.1.1. Classifica finale MSL 2014.*

Le classifiche per la sfida tecnica e quella scientifica sono rappresentate rispettivamente in Tabella 2.1.2 e 2.1.3.

<i>Classifica</i>	<i>Nome team</i>	<i>Nazionalità</i>	<i>Punti</i>
1	Water	Beijing Information Science & Technology University, Cina	12
2	CAMBADA	University of Aveiro, Portogallo	10
3	TechUnited	Eindhoven University of Technology, Paesi Bassi	8

*Tabella 2.1.2. Classifica sfida tecnica MSL 2014.*

<i>Classifica</i>	<i>Nome team</i>	<i>Nazionalità</i>	<i>Punti</i>
1	CAMBADA	University of Aveiro, Portogallo	234,8
2	TechUnited	Eindhoven University of Technology, Paesi Bassi	232,3

3	Water	Beijing Information Science & Technology University, Cina	200,9
---	-------	---	-------

*Tabella 2.1.3. Classifica sfida tecnica MSL 2014.*



## **2.2 DARPA Robotic challenge (DRC)**

LA DARPA Robotics Challenge (DRC) è un concorso a premi che mira a sviluppare dei robot semi-autonomi capaci di assistere gli esseri umani in situazioni di catastrofi naturali oppure di origine umana. Le squadre partecipanti devono sviluppare interfacce hardware, software, sensori, interfacce uomo-macchina che consentiranno ai robot di completare una serie di sfide selezionate da DARPA in funzione delle calamità.

### **2.2.1 Specifiche sui robot**

#### **STRUTTURA**

DARPA fornisce ad alcune squadre una piattaforma hardware robotica con tronco, 2 braccia, 2 gambe e una testa [13]. Questa deve essere la struttura di base per tutti i robot partecipanti a cui possono però le squadre aggiungere altri dispositivi. Non ci sono requisiti particolari di struttura dei robot: possono cambiare il loro hardware durante la gara, ma senza nessun tipo di intervento umano. Possono lasciare dei pezzi per la strada oppure utilizzare dei bastoni da passeggio che vengono forniti lungo il percorso dalla squadra.

#### **ATTUATORI**

Il robot fornito da DARPA deve essere la base per tutti i robot partecipanti. In particolare, la piattaforma fornita è provvista di braccia a 7 gradi di libertà con mani con 2 o 3 dita, gambe a 6 gradi di libertà, una testa con visione stereo (2 telecamere) e un radar laser.

#### **SENSORI**

Qualsiasi tipo di sensore può essere utilizzato.

## COMUNICAZIONE

I robot comunicano con i loro operatori tramite una connessione wireless e bidirezionale. Per fare questo DARPA fornisce alle squadre delle radio, ognuna con un'interfaccia ethernet. Ci si aspetta che la quantità totale della larghezza della banda in entrambe le direzioni sia circa 300 Mbit/s (In futuro si pensa di estendere la banda a 1 Gbit/s). Per massimizzare il risultato, le squadre dovrebbero evitare di inviare piccoli pacchetti e autoregolarsi la frequenza dei dati (in entrambe le direzioni). Le radio DARPA sono impostate comunque per scartare i pacchetti in esubero.

Nella Figura 2.2.1 è rappresentato in alto il robot: questo comunica via wireless con il computer da campo (Field computer) al centro.

Il Field computer è opzionale e può essercene più di uno; lo utilizzano le squadre per processare i dati, come per esempio flussi di immagini. Questa macchina è utilizzata come sostituto dei computer migliorati che nel futuro ci si aspetta saranno disponibili. L'OCS (Operator Control Station) comunica direttamente con il robot (oppure attraverso un field computer) tramite il collegamento 2 e 3.

La DCE (Degraded Communications Emulator) emula uno scarso segnale che potrebbe avvenire con una comunicazione attraverso muri.

Il collegamento 2 è unidirezionale e porta i dati dal Robot all'OCS; il collegamento 3 è invece bidirezionale e lavora a una frequenza di dati costanti (tra 9600 bit/sec e 200 bit/sec); Il collegamento 4, infine, è la connessione VPN fornita da DARPA a risorse su cloud disponibili per i team.

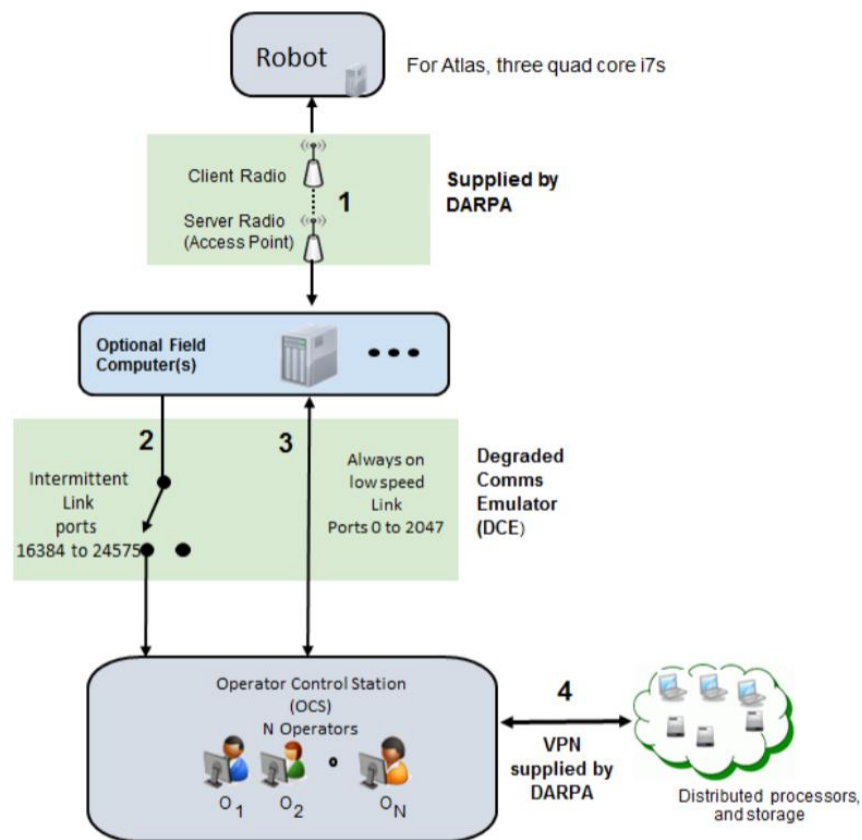


Figura 2.1

2.2.1. L'immagine mostra un diagramma logico semplificato dei collegamenti comunicativi tra il robot e l'ambiente.

## 2.2.2 Specifiche sull'ambiente e scenario

I robot devono portare a termine otto compiti (rappresentati in Figura 2.2.2) ma, per quanto l'ambiente in cui si svolgono non possa essere identico in tutti i casi, gli otto compiti saranno sempre equivalenti, come descritto di seguito [12].

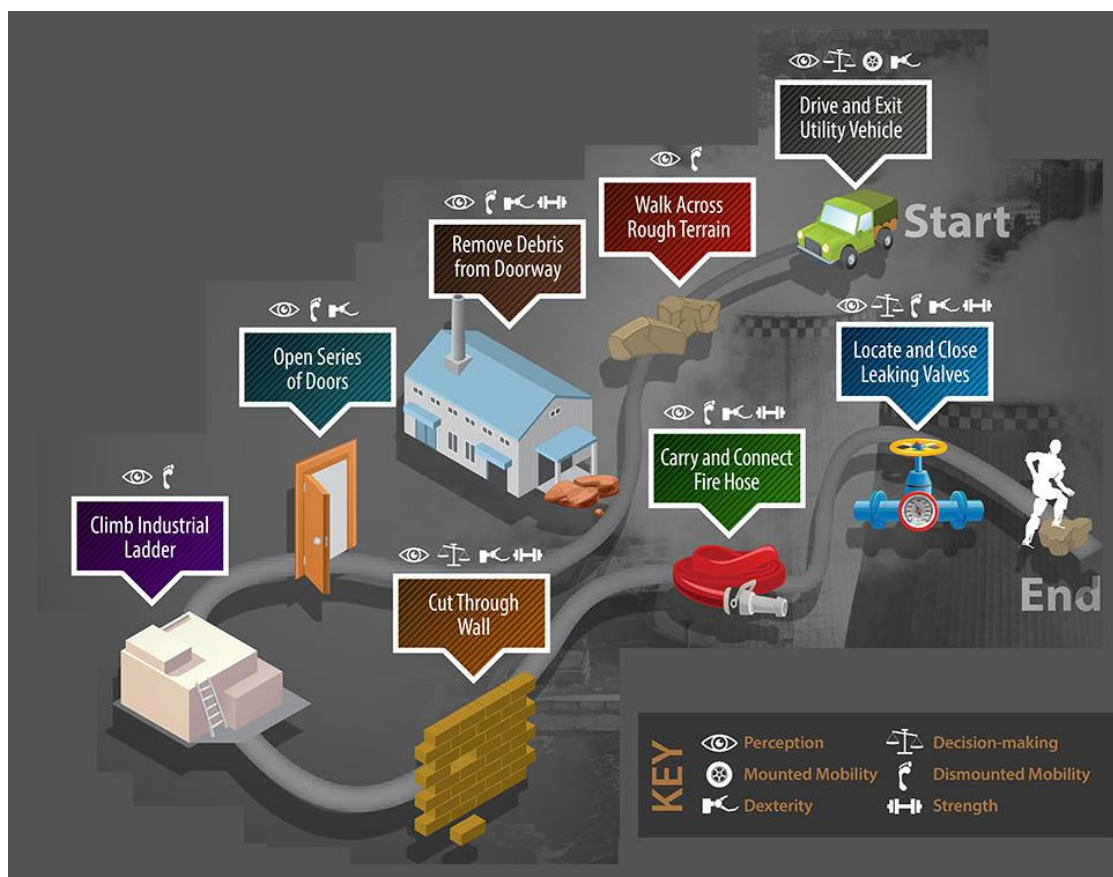


Figura 2.2.2. Gli 8 compiti che i robot devono superare per la competizione DRC con le competenze richieste per ogni prova.

## COMPITO 1: VEICOLO

Il primo compito si esegue su un percorso composto da una serie di piloni rappresentati in Figura 2.2.3 (arancioni e bianchi). Il robot comincia la sfida all'interno di un veicolo e prosegue attraverso il percorso (1 punto) per poi scendere ed entrare nella zona finale (2 punti).

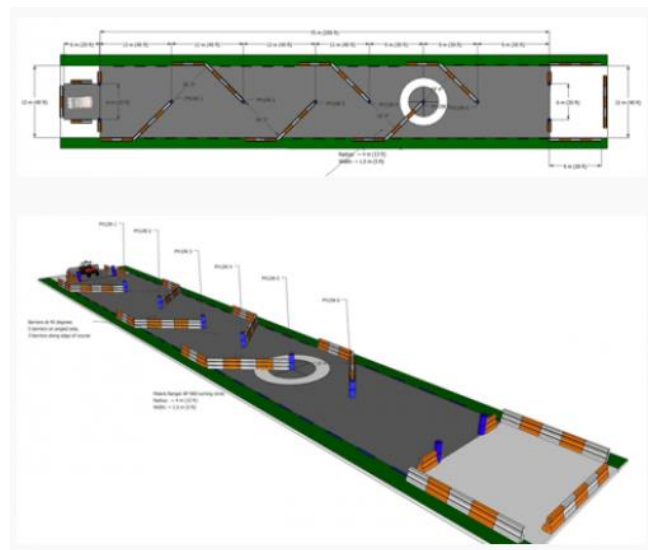


Figura 2.2.3. Struttura del percorso della prima sfida.

## COMPITO 2: TERRENO

Questo incarico è formato da 3 sotto compiti:

- attraversare la prima parte di terreno (1 punto);
- attraversare la parte centrale (1 punto);
- attraversare la parte finale (1 punto).

Le varie sezioni sono divise in ordine da una linea verde, gialla, arancione e rossa. Le varie sezioni hanno diversi tipi di ostacoli da superare come rampe e detriti.

Come si vede dalla Figura 2.2.4, le varie sezioni hanno diversi tipi di ostacoli da superare, come rampe e detriti.

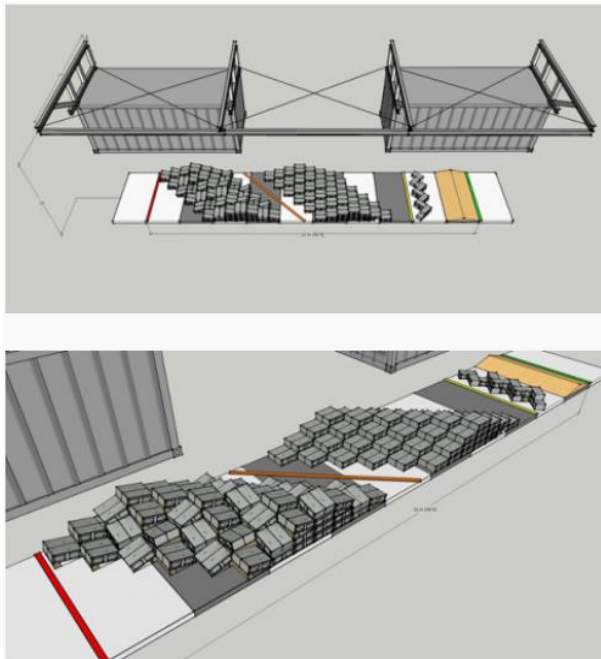


Figura 2.2.4. Percorso con detriti e ostacoli per il compito 2.

### COMPITO 3: SCALA

Per questo incarico il robot dovrà risalire la scala rappresentata in Figura 2.2.5. La prova è da 3 sotto compiti:

- il robot riesce a raggiungere qualsiasi punto di contatto sopra il primo gradino compreso (1 punto);
- il robot riesce a raggiungere qualsiasi punto di contatto sopra il quarto gradino compreso (1 punto);
- il robot riesce a non avere punti di contatto prima della pedana di appoggio di ogni gradino (1 punto);

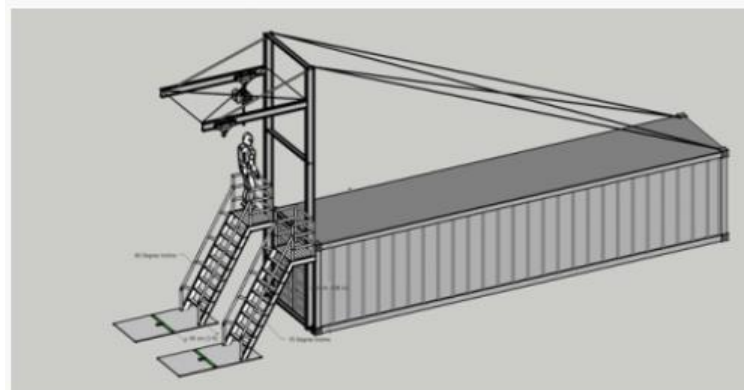


Figura 2.2.5. Scala utilizzata per portare a termine il terzo compito.

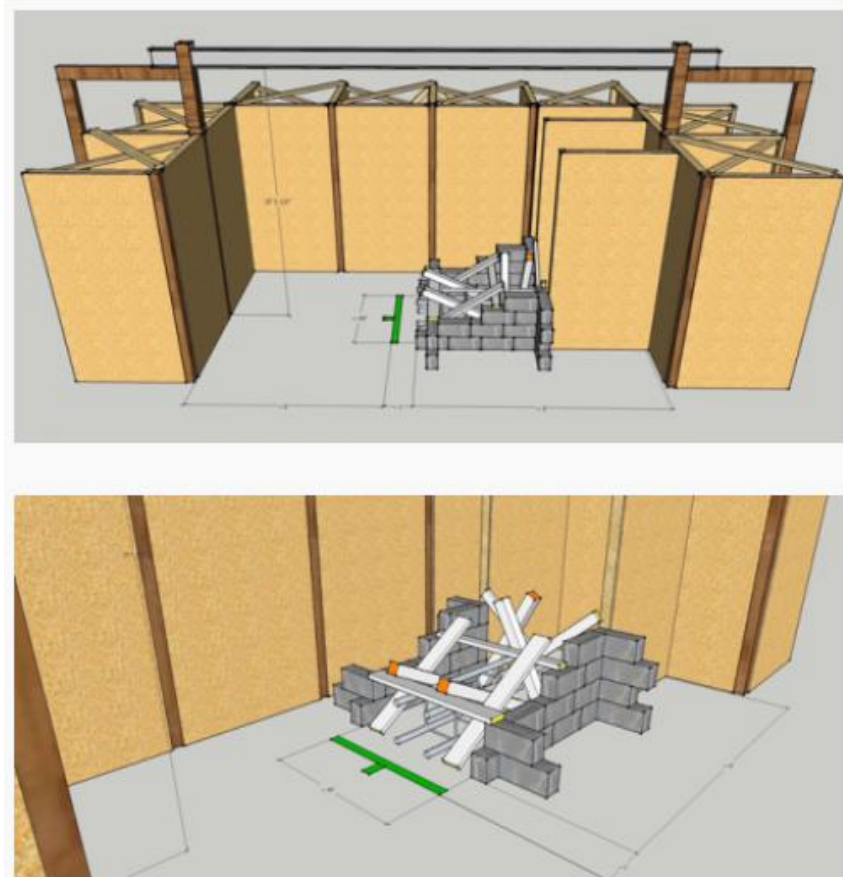
#### COMPITO 4: DETRITI

Per questo incarico il robot deve spostare i detriti che ostacolano il percorso. Come si vede in Figura 2.2.6 ci sono vari tipi di detriti posizionati all'ingresso di una porta.

La prova è formato da 3 sotto compiti:

- Rimuovere 5 pezzi di detriti (1 punto);
- Rimuovere altri 5 pezzi di detriti (1 punto);

- Passare attraverso l'entrata (1 punto).



*Figura 2.2.6. Detriti per il compito 4 composti principalmente di legno di balsa.*

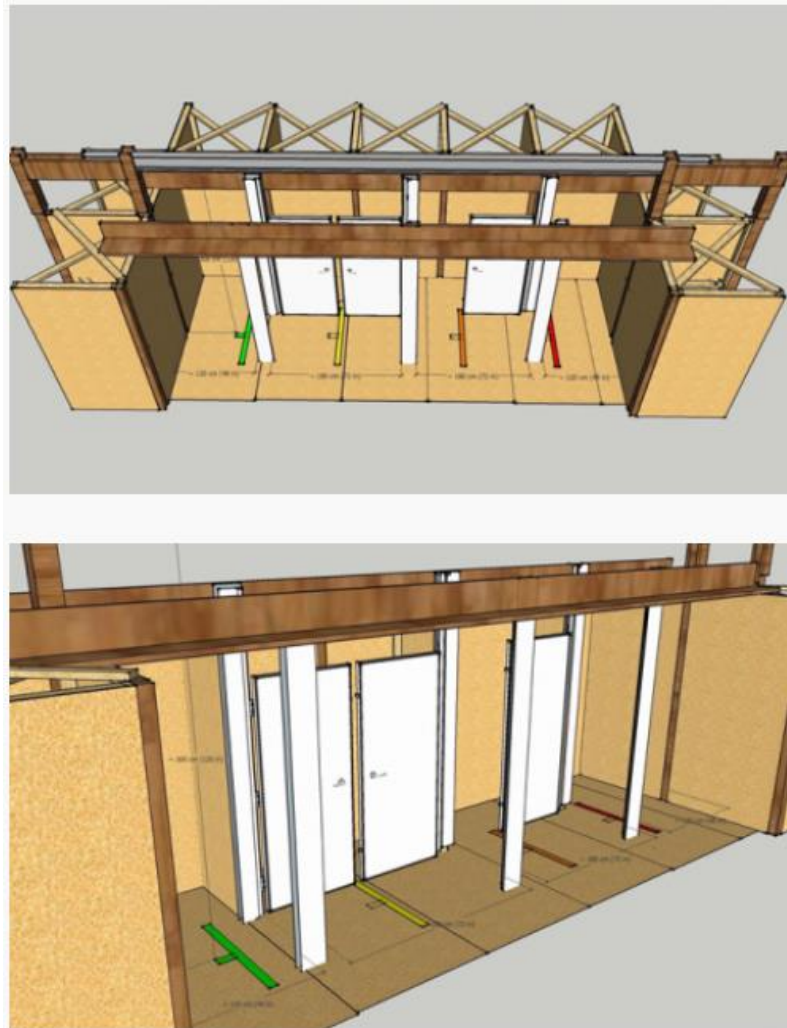
#### COMPITO 5: PORTA

Il robot dovrà superare la soglia di una delle porte mostrata in Figura 2.2.7.

L'incarico è formato da 3 sotto compiti:

- Entra nella porta a spinta (1 punto);
- Entra nella porta a scorrimento tirandola (1 punto);
- Entra nella porta a scorrimento con maniglie (1 punto).





*Figura 2.2.7. Partendo da sinistra verso destra sono rappresentate le 3 porte che il robot dovrà oltrepassare.*

### COMPITO 6: MURO

Il robot userà un trapano a batteria per tagliare attraverso i pannelli di cartone (Figura 2.2.8) delle forme prefissate.

La prova è formato da 3 sotto compiti:

- Tagliare un angolo tra i 2 vertici verdi (1 punto);
- Tagliarne un secondo (1 punto);
- Tagliarne un terzo e rimuovere la parte triangolare dal muro (1 punto).

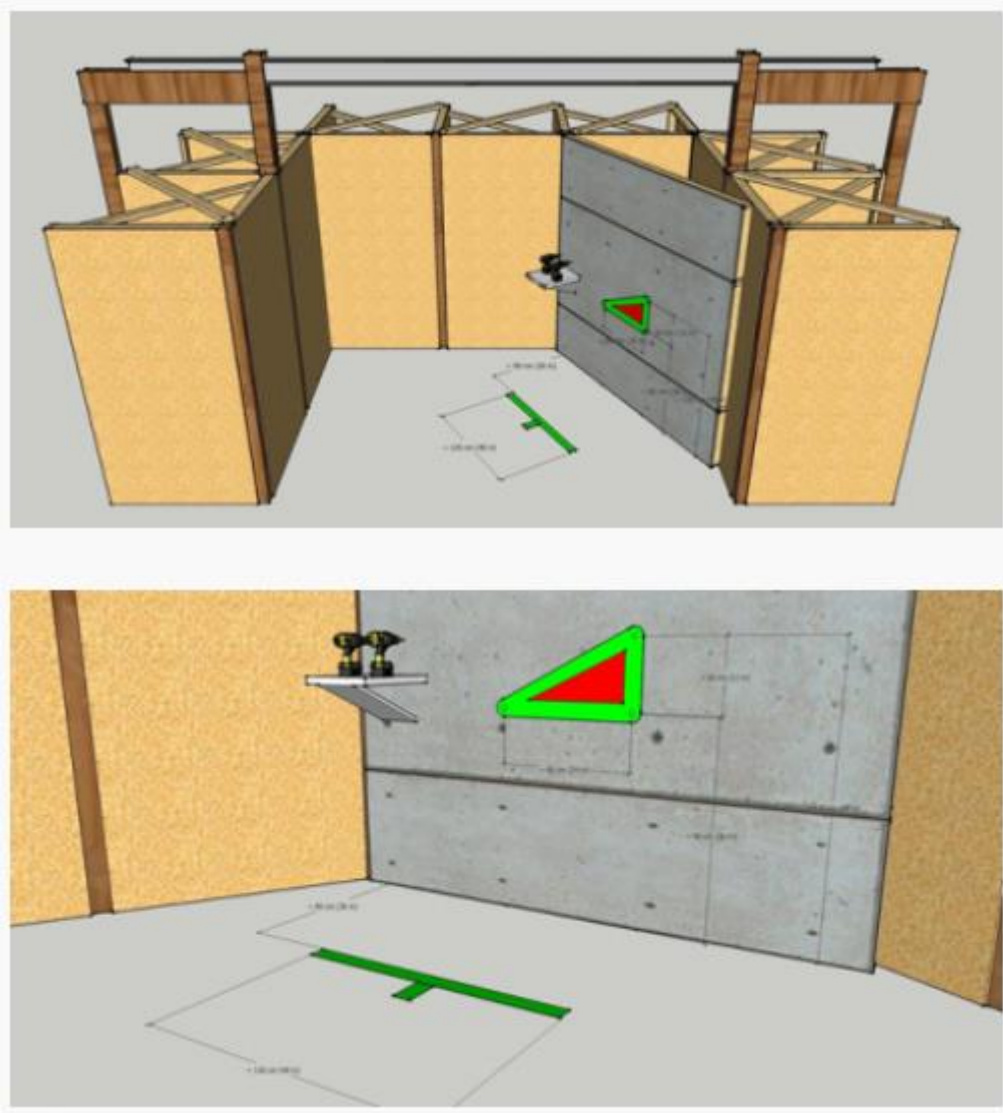


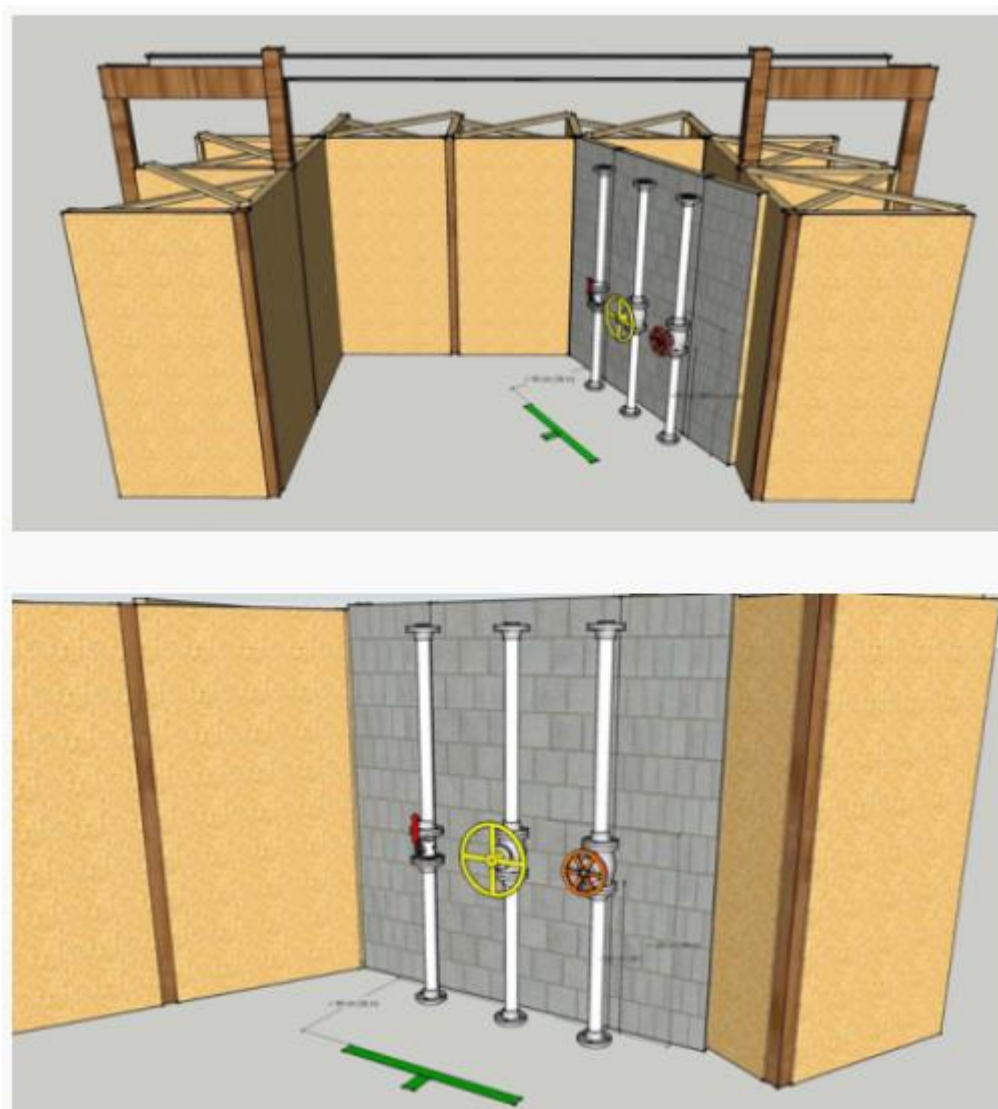
Figura 2.2.8. Parete di cartone con la forma triangolare che il robot dovrà ritagliare.

### COMPITO 7: VALVOLA

Questo incarico è formato da 3 sotto compiti:

- Chiudere la prima valvola (raffigurata in Figura 2.2.9) girandola di 90 gradi (1 punto);

- Chiudere la seconda valvola a rotazione di medie dimensioni (1 punto);
- Chiudere la terza a rotazione di grandi dimensioni (1 punto).



*Figura 2.2.9. Le 3 valvole da manipolare per la settima prova.*

## COMPITO 8: TUBO FLESSIBILE

Nell'ultima prova il robot deve riuscire a manipolare correttamente il tubo flessibile (in Figura 2.2.10), riuscendo ad attaccarlo correttamente al condotto dell'acqua.

I 3 sotto compiti sono:

- Il tubo viene srotolato e passa oltre la linea gialla (1 punto);
- Il beccuccio tocca il condotto a V dove deve essere inserito (1 punto).
- Il tubo viene attaccato correttamente al condotto (1 punto).

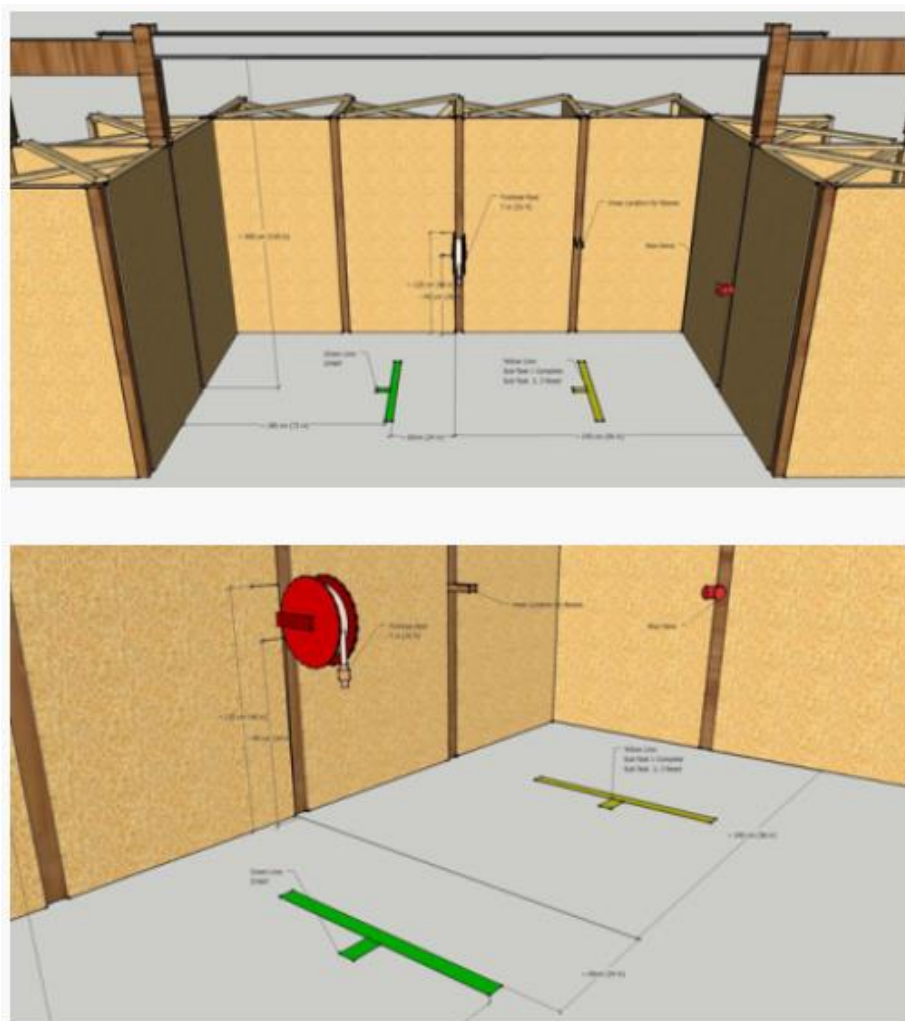


Figura 2.2.10. Posizionamento e struttura del tubo e i condotti per dell'ultima prova.

### 2.2.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre

#### GESTIONE TURNI

Le squadre vengono chiamate a eseguire la sfida con un ordine specifico, determinato dalla commissione DARPA [13]. Ogni squadra ha due possibilità per portare a termine al meglio i compiti: solamente la migliore delle due prestazioni viene tenuta in considerazione per l'assegnazione dei punteggi.

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

Per tutti i compiti il robot non può mai fare soste di sicurezza e il tempo massimo per completarli ammonta a 60 minuti; quindi il punteggio finale è pari al numero di compiti eseguiti con successo (il dettaglio dei punteggi è indicato nella Sezione 2.1.2). Se il robot si blocca in qualche punto ed è incapace di andare avanti non sarà più in grado di guadagnare ulteriori punti. Le squadre con lo stesso numero di compiti eseguiti verranno valutate per il tempo impiegato a svolgerli.

#### CLASSIFICA 2014

In Tabella 2.2.1 è rappresentata la classifica finale della competizione DRC del 2014.

<i>Classifica</i>	<i>Nome team</i>	<i>Punteggio finale</i>
1	SHAFT	27
2	IHMC ROBOTICS	20
3	TARTAN RESCUE	18
4	MIT	16
5	ROBOSIMIAN	14
6	TRACLABS	11

7	WRECS	11
8	TROOPER	9
9	THOR	8
10	VIGIR	8
11	KAIST	8
12	HKU	3
13	DRC-HUBO	3
14	CHIRON	0
15	NASA-JSC	0
16	MOJAVATON	0

*Tabella 2.2.1. Classifica finale DRC 2014.*

## **2.3 EuRathlon**

EuRathlon è una nuova competizione robotica all'aperto, che invita le squadre partecipanti a testare l'intelligenza e l'autonomia dei loro robot in scenari impegnativi. Nello specifico sono proposte tre tipi di competizioni differenti: una competizione di terra a Berchtesgaden (Germania) nel Settembre 2013, una competizione di mare in Italia nel 2014 e infine la grande sfida che coinvolge il dominio di terra, di aria e d'acqua in Italia nel 2015. La sfida finale avrà scenari realistici d'emergenza e sarà ispirata all'incidente di Fukushima del 2011 [15].

### **2.3.1 Specifiche sui robot**

#### STRUTTURA

In ogni scenario i team possono usare un AUV (Autonomous Underwater Vehicle) o ROV (Remotely Operated Vehicle), un USV (Unmanned Surface Vehicle) o entrambi. Tutti i compiti devono poter essere risolti usando un AUV, mentre con l'USV solo in maniera parziale; I due tipi di robot possono comunque collaborare tra di loro. Le dimensioni massime dell'AUV sono, in metri, 2 x 1 x 1 (lunghezza, larghezza e altezza), e il massimo peso raggiungibile è di 90kg. Il ROV (utilizzabile solo negli scenari con l'iterazione con strutture subacquee) invece deve misurare, in metri, 2 x 1,5 x 1,5, e pesare al massimo 120Kg; infine, la massima dimensione di un USV è, in metri, 2,5 x 1,5 x 2, con peso massimo 90Kg. Vi sono inoltre alcune regole di base sulla composizione e sull'equipaggiamento dei robot:

- tutti i vincoli di alimentazione devono essere muniti di batteria, e tutte le batterie devono essere sigillate;

- nessun materiale deve essere rilasciato entrando in acqua, eccezion fatta per l'aria compressa. Ogni robot deve avere dai due ai quattro punti di sollevamento;
- tutti i veicoli subacquei devono essere muniti di una luce flash;
- tutti i robot devono avere un interruttore che un sub può facilmente attivare, per disconnettere le batterie dai propulsori nell'AUV. Non deve distruggere la macchina: infatti, dopo la riattivazione, il veicolo deve tornare allo stato di prima.
- L'USV deve essere provvisto di un sistema di tele-operazione via radio.

Studiando le prestazioni e le caratteristiche necessarie per la competizione EuRathlon si è derivato che i requisiti principali di un robot partecipante alla gara dovrebbero essere:

- interfacce standard che utilizzano ROS (Robot Operating System), popolare nelle comunità robotiche.
- hardware principale dell'AUV (propulsore, controlli per motori, componenti per l'alimentazione e la struttura di rivestimento).
- abilità di librarsi.
- basso consumo di energia.
- un giorno (di lavoro) di resistenza.
- programmabile da remoto.
- elevata flessibilità.

A 3 squadre selezionate dal consorzio vengono consegnati in prestito 3 AUV. Questi robot sono 3 SPARUS II sviluppati dall'università di Girona (Figura 2.3.1)





*Figura 2.3.1. Disegno CAD del robot SPARUS II (a sinistra). A destra è rappresentata la sezione frontale che può essere configurata dalle squadre.*

Questi AUV hanno le seguenti caratteristiche riguardo il computer di bordo: computer incorporato con un disco solido e porte RS232, uno switch ethernet con un AP wireless e come software Linux Ubuntu e ROS.

#### ATTUATORI

I robot devono avere degli attuatori che gli permettano di potersi muovere sottacqua, per esempio dei motori a propulsione.

#### SENSORI

I sensori degli SPARUS II sono:

- Sensore IMU (Unità di Misurazione Inerziale) accorpa in un chip di ridotte dimensioni un giroscopio, un accelerometro ed una bussola.
- Sensore di pressione.
- GPS.
- 2 DVL (Doppler Velocity Log).
- Antenna Wifi.

- luce lampeggiante.

## COMUNICAZIONE

Le squadre hanno accesso a una connessione internet per il loro computer. In alcune missioni è possibile comunicare sottacqua in modo acustico con i veicoli subacquei. Inoltre, in alcuni scenari è possibile comunicare via radio con l'USV. L'AUV non può comunicare via radio con un operatore e nemmeno emergere per usare il GPS (a parte alcune eccezioni). Gli USV e AUV possono comunicare solo via wireless, non sono ammessi cavi.

### **2.3.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

Nella competizione EuRathlon sono definite 3 differenti categorie di scenario:

- The Grand Challenge: scenario con 3 domini.
- Sub-Challenge: scenario con 2 domini.
- Trial: dominio singolo.

La competizione del 2014 ha luogo nelle acque costiere e nella darsena marina a La Spezia. Le sfide proposte fanno parte di uno scenario che simula l'incidente di Fukushima del 2011 e che includono solo il dominio dell'acqua.

#### SCENARIO

Una panoramica generale sullo scenario è la seguente: un terremoto, con un conseguente tsunami, ha danneggiato drammaticamente una zona costiera su cui si trova una centrale nucleare. Da alcune tubature dovrebbe fuoriuscire un liquido radioattivo che si riversa direttamente nel mare.

Una squadra di forze speciali viene inviata sul luogo dell'incidente con l'obiettivo di sorvegliare la zona, scoprire se ci sono dei tubi con sostanze contaminanti e, in questo caso, intervenire risolvendo il problema.

Visto che l'area di intervento è stata devastata dal terremoto, la squadra non può avvicinarsi al disastro. È possibile intervenire solo schierando dei robot autonomi capaci di svolgere compiti complessi anche in presenza di ostacoli.

La competizione è svolta in 5 giorni in cui vengono eseguite prove differenti [16]. Le prove sono:

- 1° giorno: navigazione a lungo raggio autonoma sottomarina.
- 2° giorno: individuazione di perdite e ispezione delle strutture.
- 3° giorno: iterazione con strutture subacquee.
- 4° giorno: indagine ambientale del luogo dell'incidente (mappatura).
- 5° giorno: scenario combinato.

Lo scenario del **primo giorno** (navigazione a lungo raggio autonoma sottomarina) viene svolto nella zona costiera piena di barche e altri ostacoli galleggianti. Gli AUV, una volta schierati al punto di partenza, devono navigare sott'acqua per una distanza di 900 m disegnando una forma quadrilatera (caratterizzata da 4 waypoint). Le coordinate GPS dei waypoint sono fornite alle squadre prima della competizione. Gli AUV devono riemergere nei 4 punti ritornando poi al punto di partenza.

Le squadre hanno un massimo di 70 minuti per completare la prova.

Nello scenario del **secondo giorno** i robot devono raggiungere una zona sottomarina dove c'è una struttura di condotti sottomarini che perdono acqua contaminata. La perdita è stata rappresentata da delle boe bianche e arancioni con dei numeri scritti

sopra. Una volta che i robot hanno trovato la struttura, devono ispezionare e localizzare un rubinetto.

Le squadre hanno un massimo di 60 minuti per completare la prova.

Nello scenario del **terzo giorno** i robot subacquei devono raggiungere una zona dove c'è una struttura di tubature nella quale c'è una leva con cui si può interagire. Successivamente i robot devono toccare la struttura e, mantenendo il contatto con essa, chiudere i rubinetti, portando infine in superficie un palo (con un anello sulla parte superiore) che è stato fissato sul fondo del mare. Lo scenario si conclude quando l'AUV emerge con il palo.

Le squadre partecipano alla competizione in diverse fasce orarie a seconda del grado di autonomia utilizzato.

I 3 tipi di autonomia sono:

- completamente autonomo: l'AUV può comunicare con un veicolo di superficie senza equipaggio (USV) o con l'operatore che si trova sulla riva.
- semi-autonomo: nessuna tele-operazione umana.
- tele-funzionamento: tele-operazione umana con un joystick a basso livello. Il veicolo non può essere collegato alla riva, ma potrebbe essere collegato a un veicolo di superficie che ha agito come un relè di comunicazione per il tele-operazione.

Nella modalità robot completamente autonomi, le squadre hanno 70 minuti, per la modalità semi-autonoma 55 minuti e per la modalità di tele-funzione hanno un totale di 40 minuti.

Il **quarto giorno** lo scenario ha luogo in una darsena marina. I robot devono completare un'indagine ambientale in una specifica zona. Gli AUV subacquei devono esaminare un muro per trovare un'anomalia e localizzare un certo numero di oggetti sommersi di

potenziale interesse (rappresentati da boe arancioni). Una volta completato lo scenario, le squadre devono scaricare le informazioni e creare una mappa con la posizione degli oggetti identificati.

Le squadre hanno un massimo di 60 minuti per completare lo scenario più un'ora aggiuntiva per processare e consegnare i dati ai giudici.

Il **quinto giorno** lo scenario ha luogo nella zona di acque costiere e nella darsena marina. Questo è una combinazione dei 4 scenari precedenti e infatti i 3 compiti da portare a termine sono: navigazione subacquea autonoma, mappare l'area e rilevare le anomalie e infine raccogliere e portare in superficie il palo con l'anello. La prova termina quando l'AUV riemerge con il palo.

Le squadre hanno un massimo di 75 minuti per completare lo scenario.

### **2.3.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre**

#### **GESTIONE TURNI**

Le squadre vengono chiamate a eseguire la sfida con un ordine specifico determinato dai giudici all'inizio della competizione.

#### **DISTRIBUZIONE PUNTEGGI**

I giudici sono un gruppo di funzionari ufficiali incaricati dagli organizzatori dell'evento che hanno l'autorità di gestire le regole e modificarle in qualsiasi momento. Durante tutti gli scenari, essi sono presenti (a bordo di una barca) per valutare in tempo reale l'andamento delle squadre.

Per il primo scenario (navigazione a lungo raggio autonoma sottomarina) i punti sono distribuiti in base a diversi fattori, tra cui alla velocità in cui i robot raggiungono i waypoint e la precisione con cui li localizzano.

Il secondo giorno (individuazione di perdite e ispezione delle strutture) viene considerato il tempo che i robot impiegano per individuare la zona di condotti, il numero di punti di interessi identificati e la qualità e la precisione dell'ispezione della struttura.

Il terzo giorno (iterazione con strutture subacquee) vengono assegnati più punti in base al completamento delle prove di manipolazione nel più breve tempo possibile, alla percentuale di completamento della missione e al livello di autonomia dei robot.

Per il quarto scenario (indagine ambientale del luogo dell'incidente) i punteggi sono influenzati soprattutto dalla rilevazione e l'ispezione di anomalie e dalla mappatura degli oggetti di interesse.

L'ultimo giorno, per lo scenario combinato, sono utilizzati gli stessi metri di giudizio dei giorni precedenti.

Il punteggio finale di una squadra è dato dalla somma dei punti accumulati durante la prova più dei punti soggettivi. Questi punti addizionali vengono assegnati dai giudici e dal comitato consultivo scientifico.

Ogni squadra in aggiunta è tenuta a presentare un SAP (Scenario Application Paper) che descrive il proprio progetto, la logica dietro le scelte progettuali e di come la squadra vuole approcciarsi con gli scenari proposti.

Durante una presentazione in cui si spiega il lavoro fatto, ogni partecipante è soggetto a un giudizio statico. I giudici valutano il progetto sul piano tecnico, della sicurezza e della realizzazione (descritto nel dettaglio in Figura 2.3.2).

<b>Subjective Measures</b>	<b>Tot. 1700</b>		<b>Notes</b>
SAP (S) + Video (V)		200 (S) 100 (V)	Assigned by the Scientific Advisory Board
Technical Merit (From SAP, Static Judging + Observations)		250	Assigned by the Judging Team
Craftsmanship (From SAP, Static Judging )		250	Assigned by the Judging Team
Safety of Design (From SAP, Static Judging )		250	Assigned by the Judging Team
Innovation (From SAP, Static Judging )		250	Assigned by the Judging Team
Impress the judges		200	Assigned by the Judging Team
Discretionary Points (Awarded after the end of the time-slot assigned to the team)		300	Assigned by the Judge Team

*Figura 2.3.2. Divisione dei punteggi soggettivi applicati dai giudici e dal comitato scientifico.*

I punti SAP sono assegnati per la produzione tecnica del documento. I meriti tecnici vengono assegnati per la soluzione hardware del software. I punti per la realizzazione considerano i componenti del robot e l'assemblaggio. Altri punti vengono dati per la sicurezza e la prevenzione di eventuali rischi da parte del robot. Infine, per l'innovazione vengono assegnati i punti in base alle qualità e l'unicità del robot rispetto agli altri.

## CLASSIFICA 2014

I vincitori finali EuRathlon del 2014 per ogni tipo di scenario sono:

- Navigazione a lungo raggio autonoma sottomarina:

1° premio University of Girona e 2° SAUC'ISSE.

- Individuazione di perdite e ispezione delle strutture:  
1° premio University of Girona, 2° Avalon, 3° SAUC'ISSE e 4° CISSAU.
- Iterazione con strutture subacquee:  
1° premio University of Girona e 2° CISSAU.
- Indagine ambientale del luogo dell'incidente (mappatura):  
1° premio Avalon, 2° premio condiviso da SAUC'ISSE e University of Girona e 4° CISSAU.
- Scenario combinato:  
1° premio prize University of Girona, 2° SAUC'ISSE, 3° Avalon e 4° CISSAU.

Nelle Tabelle dalla 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4 e 2.3.5 sono rappresentati i rispettivi punteggi nei dettagli per ogni giornata.

<i>Classifica</i>	<i>Nome team</i>	<i>Punteggio finale</i>
1	University of Girona	4227,13
2	SAUC'ISSE	1212,50
3	Avalon	1080
4	CISSAU	570

*Tabella 2.3.1. Classifica EuRathlon "Long range autonomous underwater navigation" 2014.*

<i>Classifica</i>	<i>Nome team</i>	<i>Punteggio finale</i>
1	University of Girona	3216



2	Avalon	3030
3	SAUC'ISSE	1690
4	CISSAU	1335

Tabella 2.3.2. Classifica EuRathlon "Leak localisation and structure inspection" 2014.

<i>Classifica</i>	<i>Nome team</i>	<i>Punteggio finale</i>
1	University of Girona	3547,5
2	Avalon	3285
3	CISSAU	2000
4	SAUC'ISSE	0

Tabella 2.3.3. Classifica EuRathlon "Underwater manipulation" 2014.

<i>Classifica</i>	<i>Nome team</i>	<i>Punteggio finale</i>
1	Avalon	2763,33
2	SAUC'ISSE	2410
3	University of Girona	2410
4	CISSAU	2225

Tabella 2.3.4. Classifica EuRathlon "Environmental survey" 2014.

<i>Classifica</i>	<i>Nome team</i>
1	University of Girona
2	SAUC'ISSE
3	Avalon
4	CISSAU

*Tabella 2.3.5. Classifica EuRathlon "Combined Scenario" 2014.*

## 2.4 Humanitarian Robotics and Automation Technology challenge (HRATC)

Le mine uccidono e mutilano dai 15.000 ai 20.000 persone ogni anno: per questo motivo la IEEE Robotics & Automation Society ha deciso di organizzare un concorso in cui comunità accademiche e non si sfidano in uno scenario simulato di rilevamento mine.

### 2.4.1 Specifiche sui robot

#### STRUTTURA

Le squadre devono usare un robot Clearpath Husky A200 (Figura 2.4.1), equipaggiato con sensori che includono un paio di camera GigE e un laser rangefinder SICK, montato su un piano inclinato che permette di acquisire dati 3D dell'ambiente. Il robot ha un RTK GPS, IMU e Vallon VMP3 3-coil. L'ultimo sensore è un metal detector a induzione che è montato su un braccio robotico a 2 DOF. Husky supporta il sistema operativo ROS [18].



Figura 2.4.1. Clearpath Husky A200 utilizzato nella competizione HRATC.

## ATTUATORI

Gli attuatori utilizzati sono quelli dell'Husky in Figura 2.4.1.

## SENSORI

Ogni squadra può usare tutti i sensori dell'Husky necessari allo sviluppo del proprio algoritmo per la ricerca di mine.

## COMUNICAZIONE

Ogni squadra può partecipare da remoto per ciascuna delle fasi. Comunicando in maniera wireless con il robot.

### **2.4.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

L'arena è uno spazio aperto composto da un bosco. Le dimensioni, in metri, deve essere 5x10, delineata fisicamente da un nastro di plastica colorato e da un recinto virtuale per impedire ai robot di uscire [17]. La maggior parte dell'area è ricoperta da erba bassa e alberi, pendenze più o meno ripide, fossati e canali sotterranei come si vede in Figura 2.4.2.



*Figura 2.4.2. Arena di sfida in Portogallo nel 2014.*

Tutte le mine contengono una sfera metallica con 1 cm di diametro e sono sepolte vicino alla superficie. Sono piazzate casualmente, considerando che nessuna viene posizionata a meno di mezzo metro dai limiti dell'area. Il numero totale di mine viene reso noto solo il giorno della sfida. Inoltre possono essere posizionati altri oggetti metallici per produrre falsi allarmi nel robot partecipante.

## SCENARIO

La sfida si svolge in tre fasi:

- fase di simulazione;
- fase di test;
- fase di sfida.

Simulazione: tutte le squadre hanno accesso al sito della sfida e a tutti i software e documentazioni necessarie per simulare l'Husky nella sfida in arena.

Fase di test: ci sono tre sessioni di test per ogni team, durante le quali essi stanno diversi giorni ad analizzare i dati e apportare le modifiche necessarie ai loro codici. Dopo una sessione tutti i dati acquisiti dai robot vengono resi disponibili ai rispettivi

team usando un server della sfida. I dati includono tutti i ROS registrati durante la sessione, con video e foto catturate.

Sfida: Ogni team ha due possibilità. Ognuna deve essere mandata live in internet da Coimbra, Portogallo a ICRA 2014 a Hong Kong.

### **2.4.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre**

#### GESTIONE TURNI

Le squadre sono progressivamente eliminate dopo ogni fase e le quelle rimanenti devono passare alla fase successiva, che si conclude con la fase di Sfida (finali) [19].

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

I punteggi delle squadre sono calcolati in base alla combinazione di:

- Numero di mine identificate;
- Numero di mine non identificate nell'area coperta dal robot;
- Numero di mine non identificate nell'area NON analizzata dal robot;
- Numero di non-mine classificate come mine;
- Numero di mine riconosciute esplose;
- Numero di mine NON identificate esplose;
- Percentuale di area analizzata in funzione del totale;
- Tempo per coprire tutta l'area.

#### CLASSIFICA 2014

I vincitori assoluti della competizione Humanitarian Robotics and Automation Technology del 2014 sono stati i membri del team ORION dell'università del Texas, USA.

Al secondo posto si sono classificati i Geeks of the Square Table (Università di Brema, Germania), mentre al terzo posto gli USMiners (Università del sud Mississippi, USA).

## **2.5 RoCKIn@Home**

RoCKIn@Home è una sfida che si concentra sull'assistenza agli anziani e disabili. I robot dovranno aiutare nonna Annie, una signora anziana che ha bisogno di un sostegno per preservare la sua buona salute e mantenere le sue abitudini quotidiane. Il robot deve aiutare Annie con le sue attività, come per esempio ricevere visitatori e l'apertura e la chiusura delle tapparelle.

### **2.5.1 Specifiche sui robot**

#### STRUTTURA

I team possono utilizzare uno o più robot per risolvere i compiti, ma almeno uno di essi deve essere mobile e deve poter spostarsi autonomamente. I robot devono rispettare certe dimensioni, peso e restrizioni di sicurezza. Devono poter passare attraverso una porta di 80 cm di larghezza e pesare non più di 250kg, oltre che essere completamente autonomi, senza alimentazione con cavo. I robot devono necessariamente essere provvisti di un'interfaccia di rete wireless [20].

RoCKIn può richiedere che il robot installi del software fornito direttamente dagli organizzatori dell'evento. Un tipico esempio di questo software è un pacchetto che ha un client che si interfaccia con il server RoCKIn o che tiene traccia dei dati ottenuto dal robot.

#### ATTUATORI

Le squadre possono portare qualsiasi tipo di dispositivo, tra cui almeno un attuatore (manipolatore, sistema di navigazione, ecc.).

#### SENSORI



I robot utilizzati per la competizione possono utilizzare qualsiasi tipo di sensore presente a bordo e qualsiasi di quelli forniti dallo scenario (come per esempio delle telecamere).

## COMUNICAZIONE

I robot possono comunicare internamente con qualsiasi tipo di comunicazione e deve essere in grado di utilizzare correttamente quello fornito dall'ambiente. Prima della gara è data una password a ogni squadra, e può essere usata per impostare il canale di comunicazione privata con il RSBB e accedere alla telecamera.

Nell'area è presente un server (Home automatic controller) accessibile da qualsiasi dispositivo abilitato wifi sulla stessa rete. Questo server è abilitato a ricevere messaggi e deve essere utilizzato dai robot per interagire con i dispositivi (sensori e attuatori) presenti nello scenario, come ad esempio tende motorizzate, luci d'ambiente e telecamere di sorveglianza.

### **2.5.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

L'arena in cui si svolge la competizione vuole rappresentare un normale ambiente casalingo ed è raffigurata in Figura 2.5.1.



*Figura 2.5.1: Appartamento di nonna Annie usato per la competizione RoCKIn@Home 2014.*

La struttura della rete RoCKIn è la seguente:

- server: Un computer utilizzato per gestire la rete. Indirizzo IP 10.0.0.1;
- switch: uno switch Ethernet utilizzato per collegare tutti i dispositivi;
- AP: Un punto di accesso a cui il robot dovrebbe connettersi. Questo è l'unico collegamento tra il robot e la rete;
- fotocamera Ethernet: una fotocamera collegata alla rete, con prospettiva di fronte al corridoio esterno. Indirizzo IP 10.0.0.2;

- dispositivi: possono esistere vari dispositivi in casa. I dispositivi nell'ambiente saranno: un motore per controllare le tapparelle, due prese di corrente controllate, un regolatore di luce e un campanello.
- SMARTIF IO: Questo modulo controlla i diversi dispositivi e/o sensori esistenti in casa. Vi si può accedere solo dal server, e le squadre non devono interagire direttamente con esso.
- SMARTIF Server: Dispositivo responsabile per la comunicazione tra il SMARTIF IO menzionato sopra e la rete.

I dispositivi si trovano sul letto (i due interruttori che accendono o spengono la luce), nel soggiorno (la tenda motorizzata e il regolatore di luce) e nel corridoio (il campanello). Nel dettaglio:

- 2 luci (on / off) sul letto
- 1 tenda motorizzata nel soggiorno
- 1 regolatore di luce nel soggiorno
- 1 campanello fuori nel corridoio

## SCENARIO

Lo scenario della competizione è composto da 3 prove:

1. **Conoscere casa:** Il robot deve generare la mappa dell'ambiente e rilevare i cambiamenti casuali di mobili e oggetti prima di ogni compito.
2. **Accogliere i visitatori:** Questo compito valuta la capacità del robot di interagire efficacemente con gli esseri umani e di dimostrare i diversi comportamenti rapportandosi con persone conosciute e non.
3. **Aiuto a nonna Annie:** Nonna Annie chiederà al robot di aiutarla tutta la giornata con faccende, compreso il movimento delle persiane, chiudere le finestre e spegnere le luci.

Le 3 prove che compongono la competizione sono spiegati nel dettaglio di seguito.

### **Conoscere la casa**

Il robot deve imparare a conoscere un nuovo ambiente. Si suppone di poter generare una mappa dell'appartamento in un limite di tempo. Si lascia spazio ai team su come questo debba esattamente avvenire. Ad esempio, un membro del team può "mostrare" l'appartamento guidando il robot attraverso l'abitazione, indicando gli oggetti e dicendo ad alta voce i loro nomi. In alternativa, un robot può esplorare l'ambiente in maniera completamente autonoma. Il robot può anche interrogare un membro del team chiedendo i nomi degli oggetti o dei luoghi. Alla fine della fase di apprendimento, il robot deve fornire una presentazione grafica dell'ambiente mappato e rispondere a una serie di domande, come "quali mobili ci sono in salotto?", "quante sono le sedie intorno al tavolo da pranzo? ", "c'è qualcosa sul fuoco? ".

### **Accogliere i visitatori**

Annie rimane a letto perché non si sente bene. Il robot si deve occupare dei visitatori che arrivano e suonano il campanello della porta: l'uomo delle consegne, che porta la colazione; il robot apre la porta, guida l'uomo prima in cucina e poi di nuovo fuori. Il robot dovrebbe sempre osservare lo straniero; una persona sconosciuta che cerca di vendere un abbonamento a una rivista suona, che non viene nemmeno fatta entrare dal robot che la congeda; il Dr. Kimble, medico che Annie conosce. Il robot lo fa entrare e lo guida alla camera da letto; il postino suona due volte e fornisce la posta e un pacco. Il robot apre solo la porta, riceve le consegne e congeda il postino. Se un visitatore viene accettato, il robot lo guida dopo la visita e garantisce che la porta sia ben chiusa e bloccata.

### **Aiuto a Annie**

Dopo il risveglio al mattino, il robot viene chiamato da Annie (tramite un'icona sul suo tablet), in quanto serve per sollevare le persiane, inclinare la finestra e spegnere le luci. Poi la nonna fa capire al robot che vuole leggere, ma non riesce a trovare i suoi occhiali da lettura che sono in realtà dietro il comodino, quindi chiede al robot di trovarli per lei. Ci si aspetta che il robot vada alla ricerca degli occhiali in luoghi in cui potrebbero essere, tenendo conto delle abitudini di Annie (le informazioni su queste abitudini sono fornite). Altre funzioni di comfort comprendono abbassare le imposte per bloccare il sole, portare a Annie un libro, una tazza di tè o un bicchiere d'acqua.

Ci sono altre 3 fasi che il robot deve eseguire oltre alle prove in sé. Queste fasi sono: la preparazione, il riavvio (facoltativo) e l'uscita.

Nella fase di **Preparazione** il robot deve raggiungere una posizione specifica all'interno dell'appartamento che viene comunicata alle squadre durante i giorni di set-up. Entrare nell'appartamento deve essere fatto con un comportamento naturale (senza joystick, tastiera, telecomando, ecc.). Il movimento autonomo è la soluzione preferita, ma anche seguire una persona (ad esempio un membro del team) è positivo. Utilizzare un'interfaccia semplice potrebbe essere considerato un comportamento naturale dal TC, ma questo deve essere approvato prima della prova. In caso di comportamenti non completamente autonomi, i team devono verificare con il TC in anticipo che la loro soluzione sia adatta.

La fase di **riavvio** può essere richiesta dalla squadra solo entro i primi 2 minuti dopo che il robot è entrato nell'appartamento ed entro i primi 5 minuti dall'inizio della prova. In questo caso i membri del team sono autorizzati ad entrare nell'appartamento, portare il robot fuori e fare qualsiasi operazione necessaria su di esso. Non è consentito risolvere il problema all'interno dell'appartamento (anche se è un'operazione rapida e

semplice). Una volta che il robot è pronto, può rientrare nell'arena e riavviare il test. Il riavvio può essere fatto solo una volta per ogni esecuzione del test. Nessuna penalità sarà data per un riavvio, ma qualsiasi punteggio raggiunto prima del riavvio sarà annullato e il tempo non verrà interrotto durante la procedura di riavvio.

La fase d'**uscita** avviene dopo la fine del test, come comunicato dall'arbitro. I robot devono rapidamente uscire l'appartamento dalla porta di uscita (che di solito è diversa dalla porta d'ingresso). I membri del team sono autorizzati a guidare manualmente, spingere o sollevare il robot. Una penalità (in termini di punteggio negativo assoluto) sarà data alla squadra se il robot non è fuori dell'arena 2 minuti dopo la fine della prova.

### **2.5.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre**

#### **GESTIONE TURNI**

Le squadre vengono chiamate a eseguire la sfida con un ordine specifico determinato dai giudici all'inizio della competizione.

#### **DISTRIBUZIONE PUNTEGGI**

Misurare le prestazioni significa utilizzare una metodologia ripetibile, riproducibile, accurata e il più obiettiva possibile. In questo modo i diversi approcci usati per risolvere un problema particolare possono essere comparati in base a criteri oggettivi, sia all'interno di una competizione o progetto e al di fuori di esso. Il 'Benchmarking in RoCKIn' è stato sviluppato per valutare le prestazioni di sistemi robotici completi. Due sono le principali aree di valutazione: la valutazione dei compiti e la valutazione funzionale.

Nella **valutazione dei compiti** le squadre vengono valutate su criteri specifici di attività che guardano il successo e la qualità di esecuzione dell'attività stessa. Questi criteri comprendono il tempo necessario per completare l'operazione, la qualità della percezione (ad esempio la misura in cui gli oggetti sono correttamente identificati), la qualità di navigazione (ad esempio il robot non urta ostacoli durante la navigazione dell'arena) e la qualità della manipolazione (ad esempio la pressione calibrata in modo che un elemento sia tenuto saldamente in mano, ma senza romperlo). Il punteggio su ciascuno di questi criteri è determinato in maniera oggettiva, paragonando i dati acquisiti direttamente dai robot (per esempio dove il robot pensa di essere) e confrontandoli con la realtà (per esempio dove il robot è davvero).

Nella **valutazione funzionale** le squadre vengono valutate su criteri specifici di funzionalità strettamente legati alle singole capacità del robot. Questi criteri includono il numero e la percentuale di oggetti identificati correttamente, gli errori di posizionamento per tutti gli oggetti identificati e il tasso di errori nelle parole (cioè la percentuale di parole intese erroneamente da comandi impartiti al robot). La performance del team è determinata anche dai dati acquisiti direttamente dai robot (come l'individuazione, il riconoscimento e la localizzazione dei dati associati agli oggetti) che vengono poi confrontati con ciò che è effettivamente accaduto.

Durante i giorni di set-up, i robot sono controllati dal TC / OC per il rispetto delle regole. Le squadre sono invitate a mostrare i meccanismi di sicurezza del loro robot e a dimostrare dal vivo il loro utilizzo. Questa ispezione può essere effettuata in qualsiasi momento durante i giorni di set-up. L'ispezione può essere ripetuta in qualsiasi momento durante i giorni di gara, su richiesta del TC / OC. Gli arbitri, i membri TC / OC, i membri del team e qualsiasi utente che interagisce con il robot sono sempre autorizzati ad utilizzare i meccanismi di sicurezza quando c'è un rischio evidente per la

sicurezza di una qualsiasi persona o un danno di qualsiasi parte dell'ambiente. I robot che non sono considerati sicuri da TC /OC non possono partecipare al concorso. I robot devono essere preparati fuori dell'appartamento, in particolare in una zona di preparazione all'esterno di una delle porte. La zona di preparazione è riservata e la squadra successiva può accederci 5 minuti circa prima dell'inizio della prova. Qualsiasi altro tipo di preparazione deve essere effettuato sul tavolo di squadra o in una qualsiasi altra posizione che non interferisce con la concorrenza. L'arbitro annuncia la squadra due minuti prima dell'inizio della prova. Dopo due minuti l'arbitro avvia il timer (non accettando nessun ritardo per qualsiasi motivo): da questo momento il robot ha il permesso di entrare nell'appartamento. Se il robot non è pronto oppure i membri del team ci stanno ancora lavorando, dopo il via non ci sarà alcuna penalità, ma il tempo andrà avanti. Quando il robot entra nell'appartamento, la squadra non può operare su di esso in qualsiasi modo. Solo le azioni descritte nello scenario sono ammesse all'interno dell'appartamento.

#### CLASSIFICA 2014

Nella Tabelle 2.5.1, 2.5.2 e 2.5.3 sono presenti rispettivamente i punteggi per ognuna delle 3 prove.

<i>Squadre</i>	<i>Posizione classifica</i>	<i>Obiettivi raggiunti</i>	<i>Penalità</i>
<i>BARC</i>	1	2	2
<i>Homer</i>	2	1	0
<i>Pumas</i>	2	1	0

*Tabella 2.5.1. Classifica RoCKIn@Home "Conoscere casa" 2014.*

<i>Squadre</i>	<i>Posizione classifica</i>	<i>Obiettivi raggiunti</i>	<i>Penalità</i>
<i>BARC</i>	1	8	4
<i>b-it-bots</i>	3	1	0
<i>Homer</i>	2	4	4



<i>SocRob</i>	n/a	n/a	n/a
<i>Watermelon</i>	n/a	n/a	n/a

Tabella 2.5.2. Classifica RoCKIn@Home “Accogliere i visitatori” 2014.

<i>Squadre</i>	<i>Posizione classifica</i>	<i>Obiettivi raggiunti</i>	<i>Penalità</i>
<i>Homer</i>	3	4	0
<i>SocRob</i>	2	3	1
<i>Pumas</i>	1	3	2
<i>b-it-bots</i>	n/a	n/a	n/a

Tabella 2.5.3. Classifica RoCKIn@Home “Aiuto a Annie” 2014.

Gli obiettivi raggiunti dalle singole squadre nel 2014, di cui alcuni robot sono rappresentati in Figura 2.5.2, sono schematizzati nella Tabella 2.5.4.

<i>Team</i>	<i>TBM1</i>	<i>TBM2</i>	<i>TBM3</i>	<i>FBM1</i>	<i>FBM2</i>	<i>FBM3</i>
<i>b-it-bots</i>	x	x	x	x	x	x
<i>BARC</i>	x	x	x			x
<i>Donaxi</i>	x	x	x	x	x	x
<i>homer</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Pumas</i>	x	x	x	x	x	x
<i>SocRob</i>	x	x	x	x		x
<i>Ursus</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Watermelon</i>		x		x	x	x

Tabella 2.5.4. Obiettivi raggiunti dalle squadre nel RoCKIn@Home 2014.

La legenda per interpretare la Tabella 2.5.4 è la seguente:

- TBM1 - “Conoscere casa”

- TBM2 - “Accogliere i visitatori”
- TBM3 - “Aiutare nonna Annie”
- FBM1 - “Percezione degli oggetti”
- FBM2 - “Manipolazione degli oggetti”
- FBM3 - “Comprensione dei dialoghi”



*Figura 2.5.2. Alcuni robot partecipanti alla competizione RoCKIn@Home del 2014.*

## **2.6 RoboCup Soccer - Simulation League (SL)**

La RoboCup soccer simulation league è caratterizzata da dei software completamente indipendenti (agenti) che giocano a calcio su un campo virtuale. Un server centrale, chiamato SoccerServer, crea il campo da gioco virtuale dove gli agenti si dovranno affrontare in 2 squadre. Non avendo la necessità di mantenere dei robot fisici, la RoboCup SL si concentra sull'intelligenza artificiale e la strategia di squadra.

Ci sono 2 tipi di campionati: 2D e 3D. La competizione 3D aumenta il realismo dell'ambiente simulato aggiungendo una dimensione fisica e la fisica più complessa rispetto alla versione 2D.

### **2.6.1 Specifiche sui robot**

#### STRUTTURA

Sia per il campionato 2D che 3D non ci sono robot fisici. Ogni giocatore robot può avere una propria strategia e caratteristiche di gioco. Ogni squadra simulata consiste in realtà in un insieme di programmi, in questa competizione il software è il robot giocatore.

Per il campionato 3D la simulazione viene eseguita sul RoboCup Simulated Soccer Server 3d (rcssserver3d) che gira su Linux, Window e Mac OS X con un motore di simulazione SimSpark: il sistema SimSpark è un simulatore generico in grado di simulare diversi modelli di agente, mentre il modello di robot corrente utilizzato nelle competizioni si basa sul robot Nao di Aldebaran Robotics che viene rappresentato come in Figura 2.6.1. NAO dispone di 21 gradi di libertà ed è privo di mani prensili nella versione RoboCup. Distribuito con un software di programmazione e di manipolazione (Choregraphe), specificamente sviluppato per lui, NAO è compatibile con Microsoft Robotics Developer Studio, Cyberbotics Webots e Gostai Studio [25].

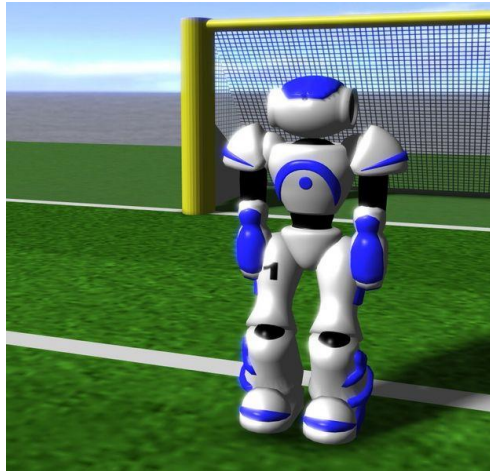


Figura 2.6.1. Nao renderizzato nella RoboCup Soccer Simulation League 3D.

## ATTUATORI

Nel campionato 2D il robot è rappresentato da un semplice cerchio, mentre in quello 3D, Nao ha gli attuatori e sensori rappresentati in Figura 2.6.2.

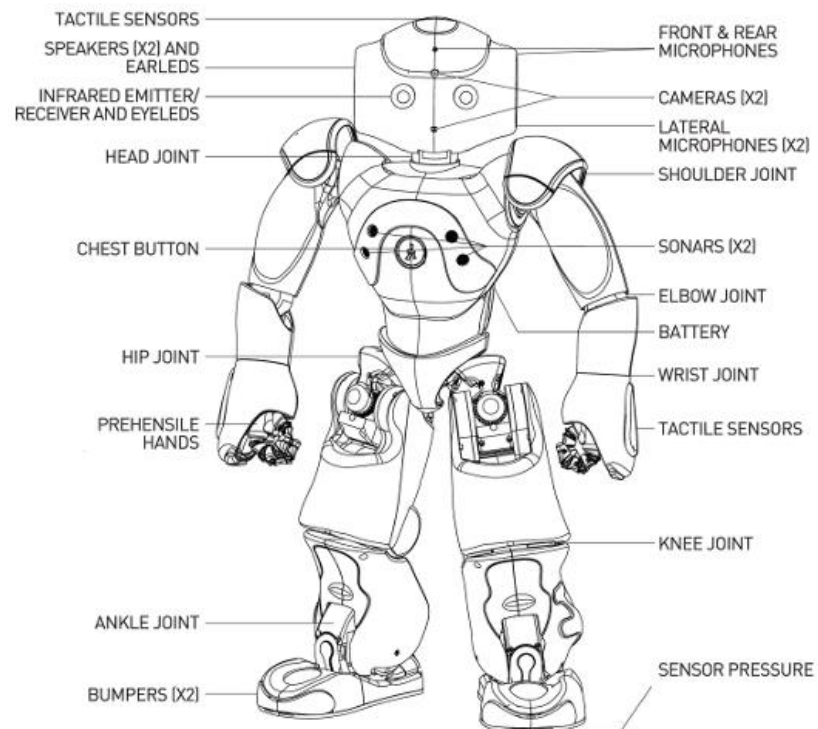


Figura 2.6.2. Rappresentazione dei sensori e attuatori del robot Nao.

## SENSORI

Nao è equipaggiato con una centrale inerziale a cinque assi, dei sensori di prossimità a ultrasuoni rivolti in direzioni diverse e dei sensori di pressione sotto i piedi. Dispone anche di un sistema multimediale evoluto (4 microfoni, due altoparlanti, due videocamere CMOS) per la sintesi vocale, la localizzazione nello spazio, e per il riconoscimento facciale. Possiede anche dei sensori di interazione come tre zone tattili al di sopra della testa, due LED infrarossi e due sensori di contatto respingenti nella parte anteriore dei piedi [24].

Nella competizione 2D ogni giocatore è provvisto di sensori virtuali: visivi, acustici e fisici.

## COMUNICAZIONE

Gli agenti sono controllati da processi esterni. Per questo molti computer sono collegati sulla stessa rete in modo che questa competizione possa prendere luogo. La comunicazione tra processi è comunque proibita. Gli agenti possono comunicare tra di loro solo attraverso il server, che comunque impone alcune restrizioni sulla distanza e la quantità di informazioni che possono essere trasmesse.

Sia per la competizione 3D che per quella 2D, la comunicazione tra il server centrale chiamato SoccerServer e ciascun agente è la base del gioco. Il server rappresenta un campo virtuale e ha tutte le informazioni relative al gioco. Ciascun giocatore riceve un input (con rumore) dai suoi sensori virtuali e può quindi effettuare comandi base come scattare, girarsi o calciare. La differenza sostanziale tra la versione 2D e quella 3D è che nella 3D sono coinvolte molte più meccaniche di moto (considerando 22 giunti che il corpo deve gestire simultaneamente). Gli agenti comunicano con il SoccerServer via

TCP sulla porta 3100. Il server invia a ogni agente lo stato del gioco e degli agenti. In risposta, l'agente invia i comandi al server per controllare il movimento del corpo del giocatore.

## 2.6.2 Specifiche sull'ambiente e scenario

### STRUTTURA

Nella simulazione 2D, due squadre di 11 programmi autonomi (chiamati agenti) giocano a calcio in uno stadio virtuale bidimensionale (in Figura 2.6.3), rappresentato dal server centrale SoccerServer [21]. Questo server conosce la posizione attuale di tutti i giocatori, della palla e la fisica che regola il gioco.



Figura 2.6.3. Esempio di campo simulato nella RoboCup Soccer simulation League 2D.

La sfida 3D aumenta il realismo dell'ambiente simulato, aggiungendo un'ulteriore dimensione e una fisica più complessa, come si vede in Figura 2.6.4. La RoboCup 3D consente agli agenti software di controllare robot umanoidi per competere tra di loro in una simulazione realistica di una partita di calcio. La piattaforma cerca di riprodurre le sfide di programmazione affrontate nella costruzione di reali robot fisici per questo scopo. Gli agenti sono controllati da processori esterni: le regole della competizione stabiliscono che ogni agente deve essere un processo separato, anche se non vi è nessuna restrizione tecnica per questo. Il server di simulazione non dispone di un'interfaccia grafica; inoltre vi è anche un'applicazione di monitoraggio che si connette via TCP alla porta 3200 del server e riceve informazioni riguardo lo stato del gioco.



*Figura 2.6.4. Esempio di campo simulato nella RoboCup Soccer simulation League 3D.*

## SCENARIO

In entrambi i tipi di competizioni, la partita si compone di due metà da cinque minuti ciascuna [22].

La grande sfida di un robot partecipante alla competizione 2D è quella di concludere partendo da tutti i possibili stati (derivati dal sensore di input, calcolando una vista sul mondo come assolutamente privo di rumore) la migliore azione possibile da eseguire. Il gioco è diviso in 6000 cicli e l'azione deve essere realizzata nel tempo di 100ms, che corrispondono alla lunghezza di ogni ciclo.

Nella sfida 3D una partita viene giocata da due squadre di massimo nove giocatori (come si vede nell'esempio in Figura 2.6.5): la sfida consiste nella realizzazione e implementazione di multi-agente, con comportamenti di alto livello basate su architetture di basso livello per team realistici di robot umanoidi.



Figura 2.6.5. Esempio di scenario 9 contro 9 di una partita RoboCup Soccer Simulation League 3D.

### 2.6.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre

#### GESTIONE TURNI

I punti vengono assegnati per ogni partita in funzione dei goal e per il torneo in funzione di ogni vittoria.



## DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

La sfida è gestita con un torneo, composto da una fase preliminare dove le squadre vengono assegnate a un gruppo (il numero di gruppi viene deciso dal comitato): ogni squadra deve giocare una volta contro tutte quelle del proprio gruppo, ottenendo punti in funzione delle vittorie/sconfitte/pareggi. Il sistema di attribuzione dei punti è il solito per entrambe le competizioni: 3 punti per la vittoria, 1 per il pareggio, 0 per la sconfitta.

## CLASSIFICA 2014

Nella Figura 2.6.6 sono rappresentati i punteggi della RoboCup Soccer Simulation 3D del 2014, mentre in Figura 2.6.7 quelli della competizione 2D [23].

### Finals

#### Semi-Finals

UT AustinVilla - MagmaOffenburg	2:0
RoboCanes - FC Portugal 3D	3:0




#### 3rd-4th

MagmaOffenburg FC Portugal 3D	1:0
-------------------------------	-----

#### Final

UT AustinVilla - RoboCanes	4:0
----------------------------	-----

Figura 2.6.6. Classifica dei finali della RoboCup Soccer Simulation League 3D del 2014.

1		WrightEagle
2		Gliders2014
3		Oxxy

Top 15 Teams playoffs and grand final








Grand Final & Places 3-15					
Match		Team	Score		Team
<b>Grand Final</b>		WrightEagle	3:2		Gliders2014
3rd place match		HELIOS2014	1:2		Oxxy
5th place match		CYRUS	1:0		YuShan2014
7th place match		Infographics	1:0		UFSJ2D
9th place match		TokA1	2(3):2(2)		FCP_GPR_2014
11th place match		HfutEngine2D	2:3		Ri-one

Figura 2.6.7. Classifica dei finali della RoboCup Soccer Simulation League 2D del 2014.

## 2.7 RoboCup Soccer - Small Size League (F180)

La Small Size Robot soccer (conosciuta anche come F180) è una delle divisioni del campionato RoboCup. Una telecamera osserva il campo dall'alto, mentre due squadre da sei robot ciascuna si affrontano su un campo da calcio di dimensioni ridotte. Questa competizione si concentra sul problema della cooperazione tra multi-agenti intelligenti e il controllo di un ambiente altamente dinamico con un sistema centralizzato.

### 2.7.1 Specifiche sui robot

#### STRUTTURA

Il robot deve adattare le proprie dimensioni, in modo tale che sia al massimo 180 mm di diametro e 150 mm di altezza [26]. In base al team, il robot avrà un colore assegnato (di solito giallo o blu). Per garantire la compatibilità con i modelli standard per il sistema di visione globale, tutti i robot devono avere una superficie piana, di colore nero o grigio scuro opaco, sulla parte superiore. La visione del robot è garantita all'interno di un raggio di 85 mm. Tutto l'equipaggiamento del robot, infine, deve essere completamente autonomo e indipendente, cioè per poter funzionare non deve necessitare obbligatoriamente dell'intervento umano. Un esempio di robot partecipante alla RoboCup F180 è mostrato in Figura 2.7.1.



Figura 2.7.1. Squadra di robot partecipanti alla competizione RoboCup F180 del 2002.

## ATTUATORI

I robot devono essere forniti di ruote o altri mezzi locomotori per entrare in contatto con il campo. Queste devono essere fatte di un materiale che non danneggi la superficie di gioco. Sono permessi dispositivi di dribbling che mantengono la palla in contatto con il robot, ma a determinate condizioni: la spinta rotatoria esercitata sulla palla deve essere perpendicolare al piano del campo, mentre i dispositivi di dribbling verticali non sono ammessi.

## SENSORI

Le squadre devono garantire che il robot sia in grado di gestire le caratteristiche dei recettori sensoriali reali (includendo rumore, latenza e occasionali errori di classificazione). A parte l'equipaggiamento per gestire i dati del server le squadre non possono installare altri sensori sul proprio robot.

## COMUNICAZIONE

I robot sono forniti di dispositivi per la comunicazione wireless. Il robot può utilizzare la comunicazione wireless tramite un computer o tramite reti posizionate fuori dal campo. Il campo da gioco viene fornito di un server: lo Shared central Vision Server. Questa attrezzatura usa il software SSL-Vision1 per fornire i dati di localizzazione dei robot alle squadre via Ethernet.

### **2.7.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

Il campo da gioco deve essere rettangolare. Le squadre possono scegliere tra due opzioni di dimensioni [28]:

- Single-size field: 6050mm x 4050mm (Figura 2.7.2).

- Double-size field: 8090mm x 6050mm (Figura 2.7.3).

Tutte le regole sono valide per entrambe le tipologie di campo.

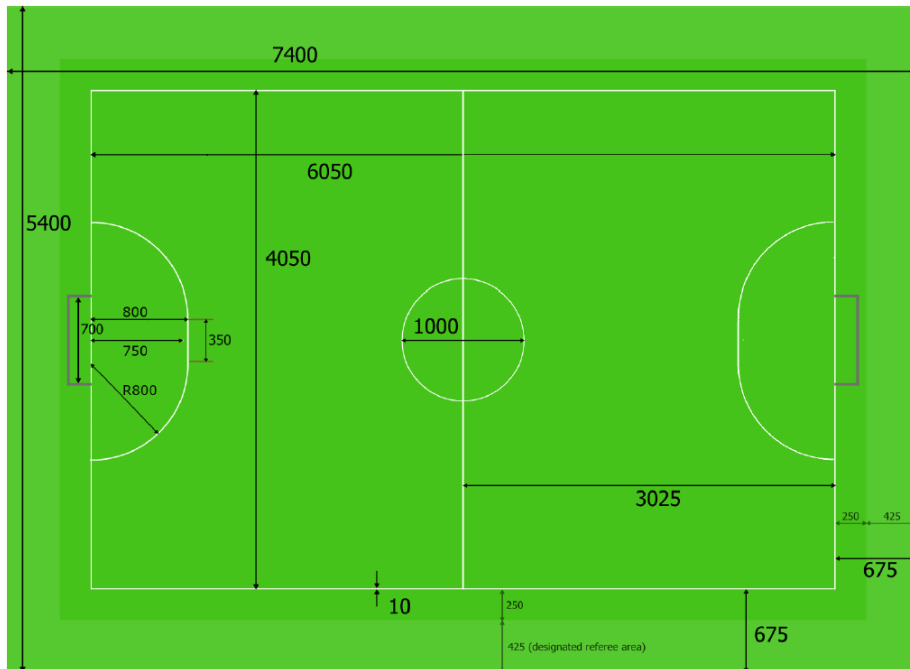


Figura 2.7.2. Dimensioni del campo Single-size field.

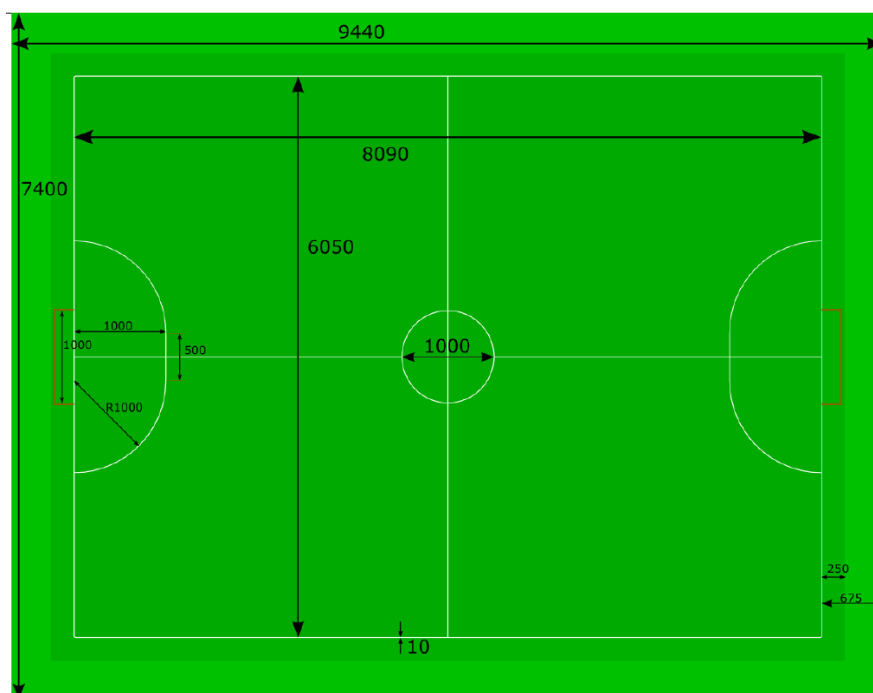


Figura 2.7.3. Dimensioni del campo Double-size field.

La superficie di gioco è ricoperta da un tappetino di feltro verde. Tutti i simboli sul terreno sono colorati con linee bianche. Quattro metri sopra il campo viene installata una barra di montaggio mobile che si sposterà lungo la linea centrale da porta a porta. La palla è una pallina da golf standard di colore arancione.

## SCENARIO

Una partita è divisa in due tempi uguali di dieci minuti ciascuno. A metà tempo le squadre possono richiedere l'intervallo che non deve superare i cinque minuti. La partita comincia con tutti i robot nelle rispettive metà di campo e la palla esattamente al centro: come una normale partita di calcio si parte quando l'arbitro dà il segnale. In questo scenario l'arbitro ricopre un ruolo importante, in quanto può dare sanzioni, cambiare i tempi della partita, interrompere il gioco in corso ecc.

### 2.7.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre

#### GESTIONE TURNI

Viene lanciata una moneta per decidere la squadra che prenderà una specifica metà del campo. Il torneo si svolge con il criterio Round Robin per gruppi di quadre. Questo significa che ogni squadra affronti almeno una volta tutte le altre, ma solo all'interno del proprio gruppo.

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

I punti all'interno di una partita sono assegnati in base al numero di goal che la squadra segna. Un goal è segnato quando la palla oltrepassa per intero la linea di porta e vince il team che ha effettuato il maggior numero di goal.

#### CLASSIFICA 2014

Gli ultimi di finale della Small Size League del 2014 sono rappresentati in Figura 2.7.4 [27].

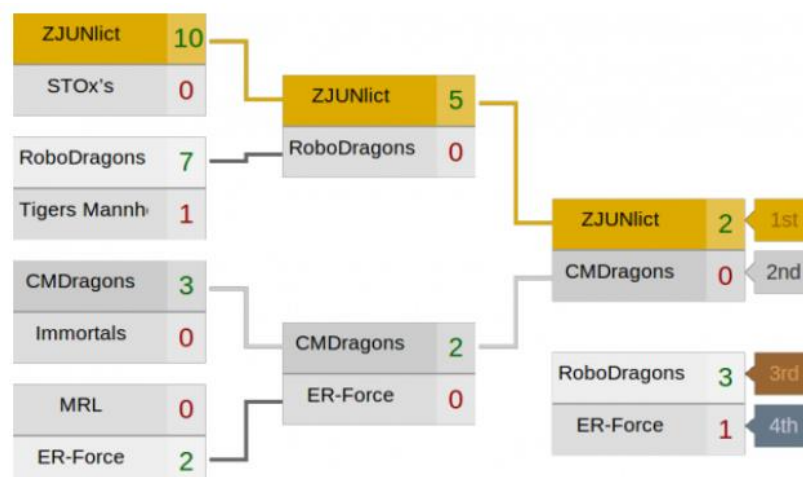


Figura 2.7.4. Classifica finale della RoboCup Soccer Small Size League 2014.

## 2.8 RoboCup Soccer - Standard Platform League (SPL)

La RoboCup standard Platform League è un campionato di calcio RoboCup in cui tutte le squadre competono con dei robot identici. Essi funzionano in modo completamente autonomo, senza nessun tipo di controllo esterno, né da parte di umani né da parte di computer.

### 2.8.1 Specifiche sui robot

#### STRUTTURA

La piattaforma standard attualmente utilizzata è l'umanoide NAO di Aldebaran Robotics in Figura 2.8.1 [25].



*Figura 2.8.1. Robot Nao di Aldebaran.*

Non sono assolutamente permesse modifiche hardware al robot. Le uniche eccezioni sono per l'aggiunta di adesivi per il colore della squadra, per il numero di giocatori, per



gli sponsor, l'aggiunta di guanti forniti da Aldebaran per proteggere le dita e l'utilizzo di una memoria alternativa in sostituzione di quella fornita [30].

NAO è provvisto di una scheda integrata per la connessione wireless che l'unico dispositivo wireless che le squadre possono utilizzare (insieme all'access point fornito dagli organizzatori dell'evento). Qualsiasi altro dispositivo wireless deve essere disattivato.

#### ATTUATORI

Attuatori originali già installati su NAO. Nella Sezione 2.6.1 sono analizzati nel dettaglio.

#### SENSORI

Non sono permessi sensori addizionali oltre a quelli originali già installati su NAO. Per il riferimento ai sensori utilizzati fare riferimento alla Figura 2.6.2.

#### COMUNICAZIONE

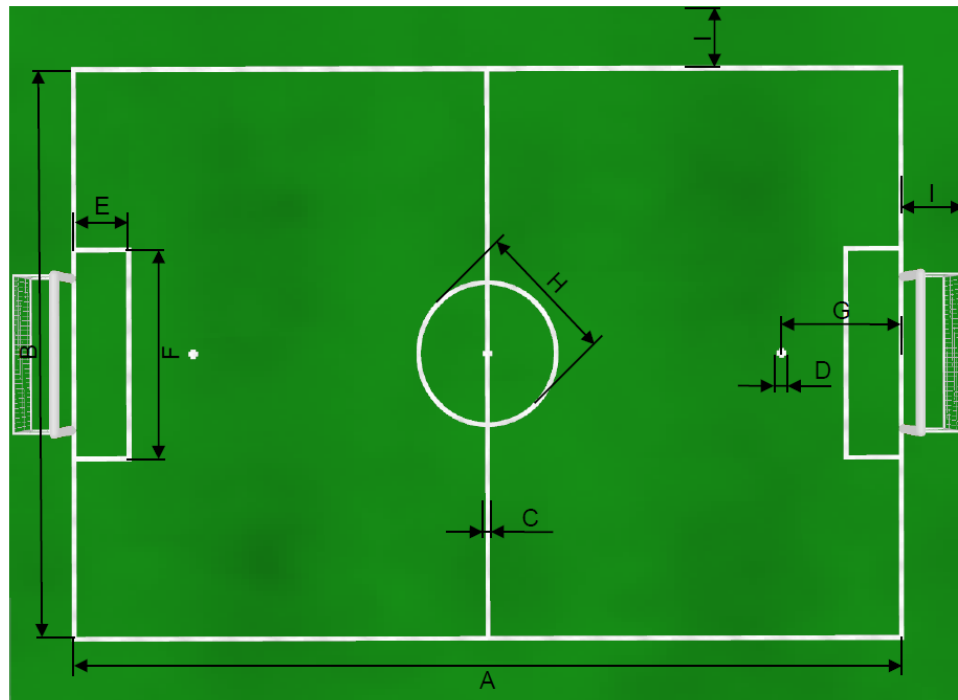
Ogni robot deve giocare senza il controllo umano, infatti la comunicazione è permessa solo tra robot in campo e tra robot e il GameController. Non ci sono restrizioni per i robot nell'usare microfoni o casse, l'unica eccezione è per il robot coach che non può usare altoparlanti per comunicare con la squadra. La comunicazione wireless tra robot e robot può avvenire solo passando attraverso l'access point fornito. I robot non hanno accessi esterni se non con l'access point e il GameController.

### **2.8.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

Il campo da gioco è costruito su un tappeto di lunghezza 10,4 m e larghezza 7,4 m che è rappresentato in Figura 2.8.2. L'illuminazione del campo dipende dal luogo dove si

svolge la competizione e possono essere utilizzate soltanto plafoniere. La palla ufficiale è il disco da hockey arancione Mylec [31].



ID	Description	Length (in mm)	ID	Description	Length (in mm)
A	Field length	9000	E	Penalty area length	600
B	Field width	6000	F	Penalty area width	2200
C	Line width	50	G	Penalty mark distance	1300
D	Penalty mark size	100	H	Center circle diameter	1500
			I	Border strip width	700

Figura 2.8.2. Schema del campo da calcio e dimensioni corrispondenti in mm.

## SCENARIO

Una partita è giocata da due squadre composte da non più di cinque giocatori l'una e da un robot coach a testa. Al massimo un robot può essere assegnato come portiere. Lo scopo del robot coach è quello di osservare la partita da una posizione esterna (su un tavolo fuori campo) e dare consigli tattici e strategici alla propria squadra (come nell'esempio di Figura 2.8.4). Questo avviene grazie al GameController con cui comunica inviando pacchetti della dimensione massima di 40 bytes. Il GameController

accetta messaggi ogni 10 secondi per dare modo al coach di elaborare delle soluzioni strategiche migliori e non semplicemente controllare i giocatori. Una partita è composta da due tempi: il primo tempo che dura 10 minuti, una pausa di altri 10 minuti e infine l'ultimo tempo di 10 minuti. Nel secondo tempo le squadre giocano a campi invertiti.



*Figura 2.8.4. Rappresentazione 3D di robot coach che osservano la partita.*

I robot possono avere 6 stati differenti (mostrati anche in Figura 2.8.3):

- Initial: dopo l'avvio l'interfaccia a pulsante per impostare manualmente il colore della squadra è attiva;
- Ready: in questo stato il robot cammina fino alla posizione corretta in campo per il calcio d'inizio.
- Set: in questo stato il robot si ferma e attende il calcio d'inizio.
- Playing: in questo stato il robot sta giocando a calcio.
- Penalized: un robot è in questo stato quando è penalizzato e non gli è permesso muoversi.
- Finished: viene raggiunto questo stato quando scade il tempo.

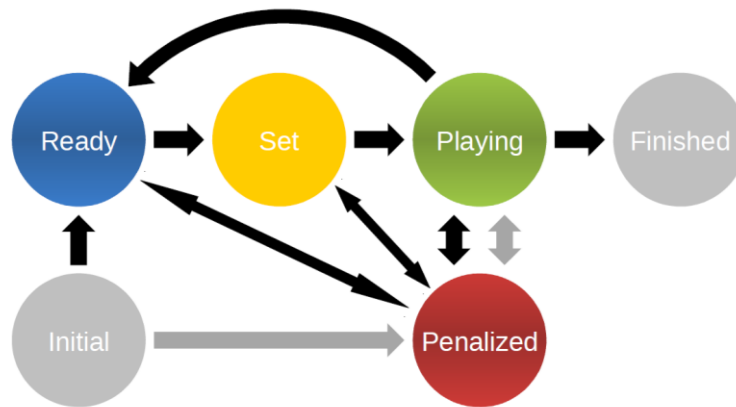


Figura 2.8.3. Stati dei robot. Le transizioni del GameController sono in nero, mentre quelle dell'interfaccia a pulsante sono grigie.

### 2.8.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre

#### GESTIONE TURNI

La modalità di gioco è round Robin a gruppi di squadre. Le squadre passano i turni con dei punteggi che vengono calcolati con 3 punti per la vittoria, 1 per il pareggio e 0 per la sconfitta.

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

Come nelle altre competizioni calcistiche RoboCup il punteggio è assegnato a fine di ogni partita è in funzione del numero di goal. In particolare però usando 2 metri di giudizio:

- Media della differenza dei goal (nel 2015 è la media del risultato a fine partita);
- Media del punteggio dei giudici umani.

Ci sono 6 giudici per ogni partita, 3 per ogni team. Questi giudicano i giocatori costantemente durante il gioco attribuendo i seguenti punteggi:

- passaggio palla corretto: +1, -+4;
- ricevere un passaggio di palla: +1, -+3;
- spintonare un compagno: -2
- bonus o penalità non classificati: -2, -+2

I due metodi di punteggio sono normalizzati e sommati per determinare il vincitore assoluto della competizione. La distribuzione dei punti avviene in questo modo:

- Il team che ha la più alta differenza di goal prende 100 punti.
- Il team con la più bassa differenza di goal prende 0 punti.
- I team con altre differenze di goal prendono i punti in maniera scalare.
- Il team che ha il giudizio umano maggiore prende 100 punti.
- Il team che ha il giudizio umano minore prende 0 punti.
- I team con giudizi umani intermedi prendono i punti in maniera scalare.
- Ogni goal viene sommato ai punti.

## CLASSIFICA 2014

I vincitori della Standard Platform RoboCup del 2014 sono [29]:

1. rUNSWift, The University of New South Wales, Australia.
2. Nao-Team HTWK, Leipzig University of Applied Sciences, Germany.
3. B-Human, Universität Bremen and German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Germany.

## 2.9 RoboCup Soccer – Humanoid League (HL)

Nella Humanoid League, robot autonomi con un corpo umanoide giocano a calcio tra di loro. A differenza di robot umanoidi al di fuori della Humanoid League, il compito di percepire e modellare il mondo non è semplificata utilizzando dispositivi “non umani”, come per esempio sensori a raggio. Oltre alla competizione calcistica si svolgono anche altre sfide tecniche. Camminare in modo dinamico, correre, calciare la palla mantenendo l'equilibrio, percepire visivamente la palla, gli altri giocatori e il campo. Infatti, l'auto-localizzazione e il gioco di squadra sono tra i molti temi di ricerca studiati nella Humanoid League. Ci sono 3 sottocategorie per questa competizione in funzione delle dimensioni dei robot: KidSize, TeenSize e AdultSize.

### 2.9.1 Specifiche sui robot

#### STRUTTURA

I robot partecipanti a questa competizione devono avere un corpo umanoide come mostrato in Figura 2.9.1.

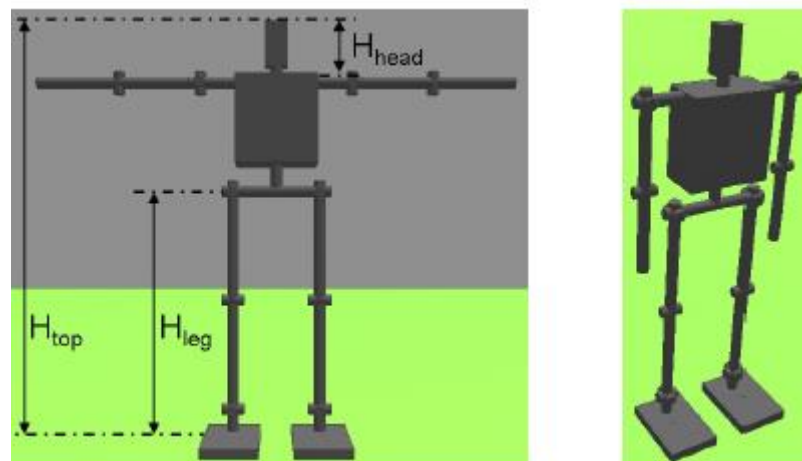


Figura 2.9.1. Esempio di robot umanoide.

L'altezza deve essere:

- compresa tra 40cm e 90cm nella KidSize;
- compresa tra 80cm e 140cm nella TeenSize;
- compresa tra 130cm e 180cm nell'AdultSize.

Il peso invece nella KidSize ha restrizioni, nella TeenSize non deve superare i 20kg e nell'AdultSize non deve essere inferiore ai 10kg. Ci sono anche ulteriori restrizioni sulle dimensioni, tutte più specifiche e riferite alle proporzioni umane. I robot devono essere completamente autonomi durante il gioco, senza ricariche esterne, controlli remoti o controlli di qualsiasi tipo. I robot devono essere di colorazione per la maggior parte nera o grigia scura opaca, e ogni giocatore deve però essere identificabile in base al colore del team e ai marchi che espone [34].

#### ATTUATORI

Il robot può muoversi solo su gambe e piedi con sembianze umane.

#### SENSORI

Le squadre possono equipaggiare i loro robot con sensori che sono equivalenti ai sensi umani. Anche la postura del robot deve essere equivalente a quella umana.

#### COMUNICAZIONE

I robot possono comunicare solo tramite una rete wireless fornita dagli organizzatori dell'evento. La banda massima consentita a ogni team è 1Mbit/s, sebbene i robot debbano comunque essere in grado di giocare nell'eventualità di assenza di connessione. I robot possono comunicare tra di loro in qualsiasi momento del gioco, durante il quale un GameController/arbitro trasmette, tramite il protocollo UDP, informazioni ai robot come il tempo trascorso, il punteggio attuale, lo stato del gioco

e le penalità. E' proibito qualsiasi tipo di comunicazione da computer esterni o da robot non in gioco.

## 2.9.2 Specifiche sull'ambiente e scenario

### STRUTTURA

Il campo da gioco è rettangolare e ricoperto da un tappeto verde come rappresentato in Figura 2.9.2. La struttura è uguale per tutte e 3 le categorie di gioco, cambiano solo le dimensioni e proporzioni che sono specificate nella Figura 2.9.3 [33].

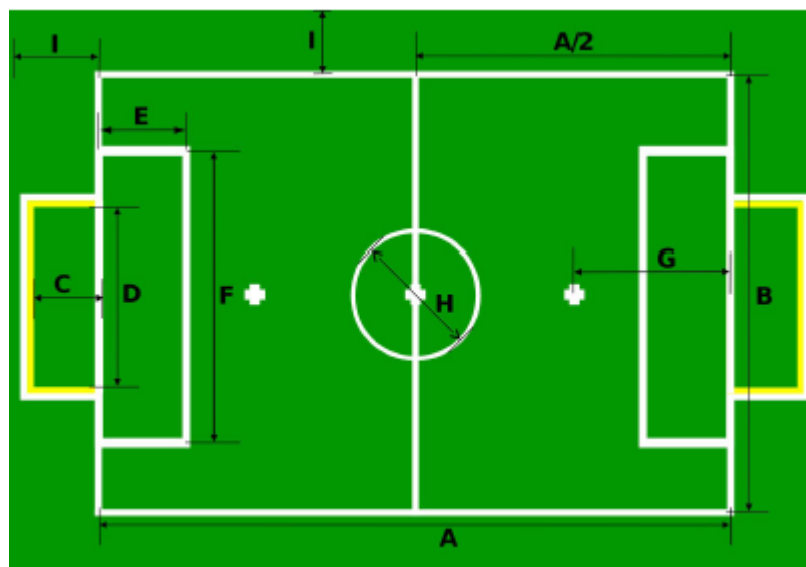


Figura 2.9.2. Campo da gioco dell'Humanoid League.

		KidSize	TeenSize & AdultSize
A	Field length	900	900
B	Field width	600	600
C	Goal depth	50	60
D	Goal width	225	300
E	Goal area length	60	100
F	Goal area width	345	500
G	Penalty mark distance	180	210
H	Center circle diameter	150	150
I	Border strip width (min.)	70	

Figura 2.9.3. Dimensioni del campo da gioco dell'Humanoid League.



L'illuminazione dipende da dove si svolge la competizione, ma il campo è comunque costantemente illuminato da luci artificiali; la palla da gioco è arancione e con un diametro di circa 10 cm per la KidSize, mentre una palla FIFA, della tipologia "3" (arancione per almeno il 50% della superficie), per la TeenSize e un pallone standard FIFA per la AdultSize.

## SCENARIO

Una partita è giocata da due squadre, composte da massimo quattro giocatori nella KidSize, e da non più di due nella TeenSize e nella AdultSize; uno dei giocatori ricopre il ruolo di portiere. La partita è composta da due tempi da dieci minuti ciascuno, con un intervallo che non supera i cinque minuti. Oltre alla partita a calcio gli stessi robot vengono classificati anche attraverso una sfida tecnica, che consiste in 4 prove: A, B, C e D.

- **PARTE A:** viene messo un palo nero casualmente dentro l'area di centrocampo, la palla fuori e il robot nell'area di calcio di rigore. Il robot deve andare verso la palla, afferrare la palla e posizionarla all'interno dell'area di centrocampo per poi calciarla verso il palo nero.
- **PARTE B:** sei ostacoli neri vengono posizionati nell'area di campo e la palla viene posizionata all'interno dell'area di rigore; il robot deve raggiungere l'area avversaria con la palla dribblando gli ostacoli.
- **PARTE C:** almeno metà campo viene ricoperto di erba sintetica. Il robot deve camminare da una linea all'altra del campo senza cadere.
- **PARTE D:** il robot deve riuscire a calciare la palla facendole raggiungere un'altezza minima imposta dall'arbitro all'inizio della prova.

### 2.9.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre

#### GESTIONE TURNI

Il torneo è Round-Robin a gruppi, quindi ogni squadra in un gruppo gioca almeno una volta contro l'altra. Al primo turno i gruppi sono formati casualmente.

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

Un goal è segnato quando la palla oltrepassa interamente la linea dell'area. La squadra che segna più goal durante una partita è la vincitrice. Se la partita finisce in pareggio viene assegnato un punto a testa per squadra. Dopo che le partite di un round robin sono state giocate, le squadre del gruppo vengono classificate in base a (con priorità decrescente):

1. numero di punti guadagnati;
2. differenza di goal;
3. numero assoluto di goal;
4. risultato diretto della partita;
5. tempo che è stato necessario per effettuare un calcio di rigore;
6. pareggi.

Nella sfida tecnica il team che ha impiegato il minor tempo per eseguire la prova guadagna 10 punti, il secondo 7, il terzo 5 e gli altri team che hanno terminato le prove con successo 3.

Nello specifico delle prove i punteggi sono:

- PARTE A: 4 punti se il robot prende la palla e la trattiene per almeno 3 secondi.
- PARTE B: 4 punti se la palla e il robot raggiungono il centro linea dribblando con un minimo di 5 tocchi/calci.
- PARTE C: 4 punti se il robot tocca la linea che delimita l'area di goal avversaria.

## CLASSIFICA 2014

Qui di seguito è riportata la classifica finale per la RoboCup Humanoid League 2014 divisa per le 3 categorie [32].

### **AdultSize**

- Primo posto: Team THORwIn, U. PENN.
- Secondo posto: HuroEvolutionAD, NTUST.
- Terzo posto: Tsinghua Hephaestus, Tsinghua Uni.
- AdultSize sfida tecnica: HuroEvolutionAD, NTUST.

### **TeenSize**

- Primo posto: Baset TeenSize, Baset.
- Secondo posto: Nimbro TeenSize, TU Bonn.
- TeenSize sfida tecnica: AUTUofM, Amirkabir and Manitoba and NimbroTeenSize, TU Bonn.

### **KidSize**

- Primo posto: CIT Brains, Chiba.
- Secondo posto: Bold Hearts, University of Hertfordshire.
- Terzo posto: Baset KidSize, Baset.
- KidSize sfida tecnica: CIT Brains, Chiba.

**Miglior robot umanoide:** Louis Vuitton Cup.

## **2.10 RoboCup@Home League**

Il campionato RoboCup@Home è il più grande concorso annuale e internazionale per robot assistenti autonomi. Mira a sviluppare servizi e tecnologie robotiche di assistenza con una grande rilevanza per future applicazioni domestiche. Vengono utilizzati una serie di compiti per valutare le capacità e le prestazioni dei robot in un ambiente domestico, realistico e non standardizzato; questa competizione si concentra principalmente sull'interazione e cooperazione tra umani e robot, sulla mappatura e la navigazione in ambienti dinamici, sul rilevamento di oggetti in condizioni di luce naturale, sulla manipolazione di oggetti, sui comportamenti adattabili e di integrazione tra umani e robot [37].

### **2.10.1 Specifiche sui robot**

#### **STRUTTURA**

I robot che partecipano alla competizione devono essere autonomi e mobili. Le dimensioni dei robot non devono eccedere i limiti di una porta media, dalle dimensioni di 200 cm x 70 cm; per quanto riguarda il peso, invece, non vi sono particolari restrizioni. È importante assicurarsi che il robot non abbia spigoli o altre attrezzature che potrebbero ferire le persone. Non sono consentiti dispositivi esterni se non per la Open Challenge, RoboZoo e le finali; devono essere comunicati al comitato esecutivo, inoltre, tutti i dispositivi wireless, bluetooth, walkie-talkie e qualsiasi altro elemento che emetta segnali radio [35].

#### **ATTUATORI**

Tutti i robot devono essere provvisti di un visibile e facilmente accessibile pulsante di stop. Questo pulsante deve essere rosso e la sua funzione è di interrompere

immediatamente tutte le parti in movimento del robot. Le squadre che non sono in grado di attivarsi al segnale di start (aprire la porta corrisponde al segnale di start) devono fornire al robot un pulsante di avvio che verrà utilizzato per cominciare le prove. Il robot deve essere fornito di un'uscita altoparlante e di un microfono.

## SENSORI

I robot utilizzati per la competizione possono utilizzare qualsiasi tipo di sensore presente a bordo e qualsiasi di quelli forniti dallo scenario (come per esempio delle telecamere).

## COMUNICAZIONE

Il robot deve comunicare attraverso gli altoparlanti per far sentire agli arbitri e al pubblico la sua voce sintetizzata. L'arena è provvista di una rete wireless. Sono permessi computer esterni per computazioni decentralizzate a patto che stiano all'interno dell'arena.

### **2.10.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

Le prove hanno luogo nell'arena di RoboCup@Home, mentre altre particolari prove possono essere disputate all'esterno, in un luogo pubblico. L'arena è un'ambiente realistico casalingo, costituito da camere comunicanti (per esempio un soggiorno, una cucina, un bagno e una camera da letto). All'interno la casa è circondata da muri sia alti che bassi, costruiti utilizzando materiali di costruzione standard (Figura 2.10.1). Le specifiche della casa sono le seguenti:

- muri: i muri devono avere un'altezza minima di 60 cm e un'altezza massima non specificata.

- porte: devono essere presenti almeno due porte connesse con l'esterno. Le porte sono il punto di partenza dei robot.
- pavimento: il pavimento dell'arena è piano e uniforme, ma possono tranquillamente essere presenti piccole irregolarità.
- aspetto: pavimento e pareti sono principalmente a tinta unita, ma possono anche contenere trame.

L'arena è fornita di oggetti senza specificare né tipo né quantità. La configurazione minima consiste in:

- un piccolo tavolo da cucina con 2 sedie.
- un divano.
- un armadio aperto o un tavolino con un televisore e telecomando.
- un armadio o uno scaffale (con alcuni libri all'interno).
- un frigorifero in cucina (con alcune lattine e bottiglie di plastica all'interno).



*Figura 2.10.1. Esempio di un'arena tipica sulla sinistra e dei tipici oggetti sulla destra.*

Nell'arena sono presenti anche dei dispositivi intelligenti che utilizzano una comunicazione wireless, come interruttori, microfoni e telecamere.

## SCENARIO

Un team può partecipare con al massimo due robot e solo a uno alla volta è ammesso ad eseguire le prove.

Nella Open Challenge, RoboZoo e nelle finali le squadre possono utilizzarli entrambi.

La competizione è strutturata a fasi:

- Stage I: è il primo giorno di competizione. In questa fase possono partecipare tutte le squadre qualificate e comprende un insieme di test di abilità, di integrazione e una dimostrazione aperta al pubblico chiamata RoboZoo. I Proficiency test (di abilità e integrazione) vengono eseguiti almeno tre volte ciascuno. Una squadra può partecipare al massimo a sei prove e ogni test può durare fino a cinque minuti.
- Stage II: il 50% delle squadre migliori dopo lo stage I può partecipare a questa fase, composta da prove che richiedono abilità e combinazioni di abilità più complesse. La Open Challenge è la dimostrazione aperta di questa fase. Una squadra può partecipare al massimo a quattro prove di massimo dieci minuti ciascuna.
- Final demonstration: solo i cinque migliori team dopo lo stage I e II possono accedere alla fase finale. In questa fase è presente solo una dimostrazione aperta.

Nelle prove, il segnale di start è l'apertura della porta d'ingresso da parte del giudice. Le prove nelle varie fasi, per lo scenario RoboCup@Home 2015, sono spiegate di seguito [34].

## STAGE I

### **General Purpose Service Robot**

Questa prova si concentra principalmente su due aspetti: nessun ordine predefinito delle azioni da portare a termine e l'aumento della complessità del riconoscimento vocale. I compiti della prova sono:

- entrare nell'arena nella posizione indicata;

- viene generato un comando casuale (spiegati in seguito) in funzione di quello scelto dalla squadra;
- viene dato l'ordine al robot di eseguire il comando;
- il robot esce dall'arena dopo aver completato l'ordine.

Ci sono 3 categorie di comandi:

- la categoria I ha dei compiti con un basso grado di difficoltà, come per esempio “vai in bagno, trova una persona e digli l'ora”, oppure “dai la cola alla persona in salotto e rispondi a una sua domanda”;
- la categoria II ha dei compiti con un moderato grado di difficoltà, come per esempio “vai in bagno, trova la persona che si sta lavando e digli l'ora” (ci sono più persone e solo una si sta lavando);
- la categoria III ha gli stessi compiti della II ma vengono forniti al robot errati o incompleti, come “prendi la mela dal lavandino e portamela” (e la mela non c'è).

Il tempo massimo per questa prova è di 6 minuti.

### **Manipulation and object recognition**

Il robot deve raggiungere la libreria dove ci sono dieci oggetti in altezze e posizioni differenti, identificarne cinque e posizionarli su un altro scaffale. Le fasi sono:

- quando gli viene comunicato, il robot si avvicina allo scaffale e inizia a cercare tra gli oggetti;
- qualsiasi oggetto trovato deve essere afferrato dal robot. Questo deve comunicare di che tipo di oggetto si tratta;
- una volta afferrato il robot deve posizionare l'oggetto su uno scaffale vuoto.

Il tempo massimo per questa prova è di 3 minuti.

### **Navigation test**



Il robot deve entrare nell'arena rappresentata in Figura 2.10.2, visitare ogni waypoint (quattro) e lasciare l'arena. Il percorso da un punto all'altro è spesso bloccato da ostacoli che obbligano il robot a prendere decisioni per risolvere la prova. Alcune azioni includono: evita l'ostacolo, interagisci con esso, spostalo o trova un'altra strada. Il tempo massimo per superare questa prova è di 5 minuti.

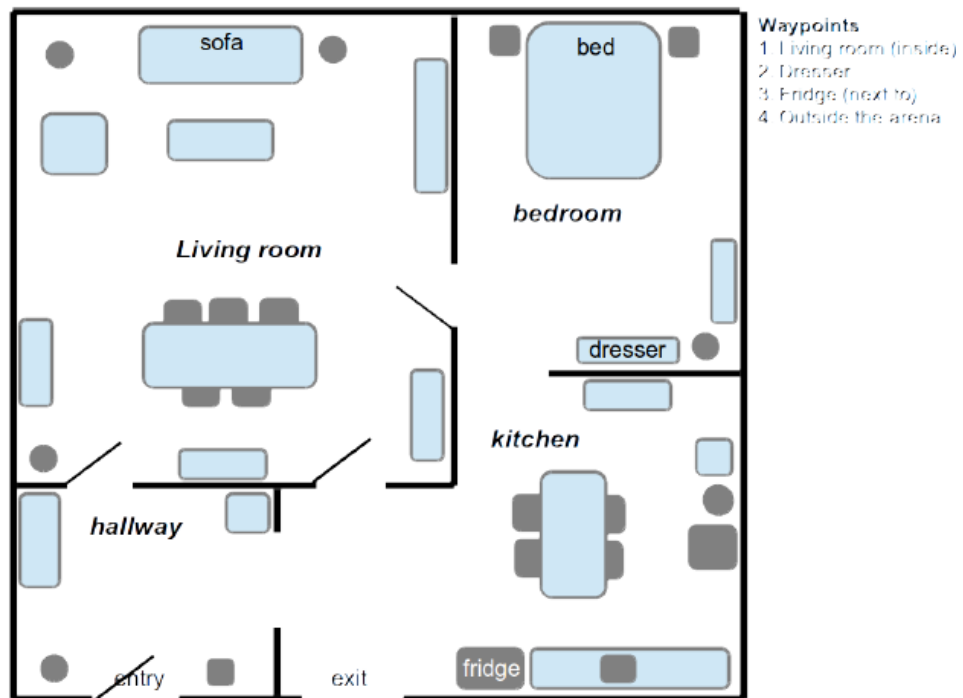


Figura 2.10.2. Navigation test: setup di esempio.

### Person recognition test

Al robot viene presentato un operatore. Una volta che il robot ha raccolto abbastanza informazioni a riguardo, la persona viene posta in mezzo a una folla. Il robot deve riuscire a indentificarla correttamente e spiegare perché l'ha riconosciuta. Il tempo massimo per questa prova è di 5 minuti.

### **RoboZoo**

Tutte le squadre devono presentare i propri robot, disposti in modo tale da formare un corridoio attraverso il quale il pubblico camminerà. Ogni automa è delimitato in uno spazio da cui non può uscire e deve effettuare uno spettacolo per un'ora, come ballare o qualsiasi compito umile. Ogni spettatore avrà cinque gettoni che darà al robot che più preferisce. Il robot che ha guadagnato più gettoni vince il concorso e ottiene il punteggio massimo. Gli altri ottengono dei punteggi proporzionati basati sul numero di gettoni ottenuti. Il tempo massimo concesso per questa prova è 60 minuti.

### **Speech recognition & Audio detection test**

La prova è divisa in due fasi. Nella prima il robot deve rispondere a un operatore, che sottopone alla macchina una serie di domande, al primo tentativo, senza chiedergli conferma, mentre nella seconda fase l'operatore si sposterà dietro al robot per fargli le domande. In questo caso al robot è consentito girarsi e chiedere di ripetere la domanda. Il tempo massimo per questa prova è di 5 minuti.

## **STAGE II**

### **Open challenge**

Durante questa sfida le squadre sono incoraggiate a dimostrare risultati recenti e il meglio delle abilità dei robot. Si concentra sulla dimostrazione di nuovi approcci/applicazioni, interazioni tra umani, robot e aspetti scientifici. La sfida consiste in una parte di dimostrazione e una di intervista. Le squadre hanno al massimo sette minuti per prepararsi ed effettuare la dimostrazione. Dopo avranno ancora tre minuti per rispondere alle domande della giuria.

### **Restaurant**

Il robot viene testato in un ambiente reale come un ristorante o un centro commerciale. La prova si concentra sull'abilità del robot di mappare un ambiente sconosciuto, sapersi muovere all'interno senza complicazioni e interagire con persone. In questa sfida il robot può anche lavorare con un cameriere professionista. Il punto di partenza è la cucina e da qui il cameriere porta il robot per tutto il ristorante, spiegandogli la disposizione dei tavoli e i loro numeri. Una volta tornati in cucina il robot dovrà andare a prendere ordinazioni ai tavoli (chiedendo gentilmente ai clienti cosa desiderano) e riportarle correttamente al cameriere. Il tempo massimo per questa prova è di 10 minuti.

### **Robo-nurse**

Il robot deve assistere una persona anziana consegnandole le sue pillole e aiutandola nelle attività quotidiane. La paziente, chiamata Granny, chiede dell'assistenza al robot. Successivamente gli dirà che ha bisogno delle sue pillole in una bottiglietta su uno scaffale vicino. Ci saranno più bottigliette, quindi il robot dovrà farsi descrivere quelle di cui Granny ha bisogno. Il robot dovrà anche riconoscere delle azioni da fare in funzione dei movimenti di Granny. Per esempio se le cade la coperta dovrebbe raccoglierla, oppure se lei si sposta con il bastone da passeggio, una volta seduta dovrebbe tenerglielo. Il tempo massimo per la prova è di 10 minuti.

### **Wake me up test**

Il robot deve aiutare una persona nei suoi compiti mattutini, come svegliarlo, prendere ordini, preparare la colazione e consegnarla all'umano. Il robot entra nella stanza da letto e sveglia la persona nel letto che dorme. Gli chiede cosa preferisce per colazione, dopodiché entra in cucina e inizia a preparare quanto richiesto. Una volta terminato il robot porta la colazione a letto all'umano. Ci sono anche compiti opzionali come

portare il giornale a letto, accendere le luci, aprire le porte, posizionare il cucchiaino di fianco ai cereali e rifare il letto. Il tempo massimo per la prova è di 10 minuti.

### **Finals**

La competizione finisce con le finali che consistono in una dimostrazione aperta. La squadra ha un massimo di dieci minuti per la preparazione, presentazione e dimostrazione. Successivamente ci sono altri cinque minuti dove la squadra risponde alle domande dei membri della giuria.

### **2.10.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre**

#### **GESTIONE TURNI**

Ogni squadra ha un tempo limite per ogni prova che non può eccedere. La competizione dura 3 giorni in cui le squadre si alterneranno in sequenza per eseguire tutte le prove.

#### **DISTRIBUZIONE PUNTEGGI**

##### **Stage I**

Il punteggio massimo senza bonus e penalità per questa fase è 1000 punti. Vengono assegnati dai 10 fino a un massimo di 80 punti per ogni sotto compito portato a termine correttamente. I punteggi massimi per ogni prova sono:

- General Purpose Service Robot: punteggio massimo 250.
- Manipulation and object recognition: punteggio massimo 200.
- Navigation Test: punteggio massimo 200.
- Person recognition test: punteggio massimo 150.
- RoboZo: punteggio massimo 50.
- Speech Recognition & Audio Detection Test: punteggio massimo 150.

Ognuno dei proficiency test è eseguito tre volte e il punteggio massimo totale è calcolato in base alla media del meglio di due tentativi.

## Stage II

Le prove in questa fase sono premiate in base ai compiti risolti. Ogni prova ha un compito principale e il punteggio minimo per poterla superare è 50 punti (massimo 200). Nella open challenge vengono usati dei parametri differenti, infatti ogni membro della giuria può assegnare fino a 10 punti in base a questi 4 criteri: dimostrazione generale, autonomia del robot, interazione tra umani e robot e utilità nella vita quotidiana.

I punteggi massimi ottenibili per ogni prova sono:

- Open Challenge: punteggio massimo 250.
- Restaurant: punteggio massimo 250.
- Robo-nurse: punteggio massimo 250.
- Wake me up test: punteggio massimo 250.

## Finali

Il punteggio di questa ultima prova è la somma di 3 fattori: la somma dei punteggi delle due fasi precedenti, il voto di una giuria interna e quello di una giuria esterna. La giuria interna valuta la presentazione e le performance nella finale, approcci e contributi rilevanti per la competizione e possibili contributi scientifici. La giuria esterna giudica invece l'originalità e la presentazione, i rapporti tra robot e umani, la difficoltà e il successo delle prove svolte e l'utilità del robot nella vita quotidiana. Il 50% del punteggio totale assegnato è determinato dalla somma dei punteggi delle fasi precedenti.

Viene consegnato un certificato con il punteggio più alto in ogni test degli stage I e II. Il vincitore della competizione è la squadra che ottiene il posto più alto nelle finali. C'è un riconoscimento anche per il primo, secondo e terzo posto.

## CLASSIFICA 2014

La classifica finale per la competizione RoboCup@Home che si è svolta nel 2014 è [38]:

1. Primo posto: Wright Eagle, USTC.
2. Secondo posto: TechUnited, Eindhoven.
3. Terzo posto: NimbRO, TU Bonn.

In Figura 2.10.3 sono presenti i punteggi nei dettagli.

Stages												
Scores												
Rank	Team	Poster	Robo Zoo	Follow Me	BFT	Open	Emergency	GPSR	Cocktail Party	Restaurant	Demo	Total
1	WrightEagle@Home	750	87	811	600	1507	0	750	1750	2600	450	9305
2	Tech United Eindhoven	730	447	484	400	1340	0	500	800	250	750	5701
3	NimbRo	765	160	631	800	1400	0	700	250	350	600	5656
4	ToBI (Team of Bielefeld)	725	180	600	550	1087	350	0	600	650	100	4842
5	Pumas	610	155	575	700	627	0	0	500	50	200	3417
6	MRL @Home	605	335	287	250	253	0	0	0	450	50	2230
7	UChile HomeBreakers	615	39	100	200	807	0	0	200	0	50	2011
8	AUT@Home	555	500	100	100	613	0	0	0	0	50	1918
9	Reem@LaSalle	560	204	100	400	0	0	0	0	75	0	1339
10	Tinker@Home	495	5	0	150	0	0	0	0	0	0	650

Figura 2.10.3. Punteggi dettagliati della competizione RoboCup@Home 2014.

## **2.11 RoboCup Rescue – Rescue Robot**

RoboCup Rescue è un campionato internazionale di squadre con un unico scopo: sviluppare e dimostrare avanzate capacità robotiche a supporto di chi interviene in situazioni d'emergenza. RoboCup Rescue ha 3 obiettivi principali:

- aumentare la conoscenza riguardo le sfide che coinvolgono robot sviluppati per rispondere alle emergenze, come per soccorsi o per disinnescare delle bombe;
- fornire valutazioni obiettive sulle prestazioni dei robot mobili che operano in ambienti complessi;
- promuovere la collaborazione tra ricercatori.

### **2.11.1 Specifiche sui robot**

#### STRUTTURA

Per i robot autonomi sono consentite computazioni solo a bordo [40]. Quindi se il robot esegue la mappatura dell'edificio, la mappa deve essere generata sul robot. Di base il robot deve essere in grado di muoversi e agire anche se la connessione con la stazione operativa viene persa. Non ci sono restrizioni sulle dimensioni dei robot, tuttavia i corridoi sono larghi 1,20 m e hanno curve strette. Inoltre le scorciatoie sono disponibili solo per piccoli robot, il che li rende la scelta più vantaggiosa.

#### ATTUATORI

I robot possono essere attrezzati con qualsiasi tipo di attuatore.

#### SENSORI

I robot possono essere attrezzati con qualsiasi tipo di sensore.

In particolare possono necessitare di sensori per identificare e monitorare dei pericoli e dei sensori a raggio (come telemetri laser, telecamere di profondità 3D o un sensore Kinect). Per identificare le vittime sono utili anche sensori per il rilevamento di movimento, sensori termici e sensori di rilevamento CO2.

## COMUNICAZIONE

Le squadre sono tenute ad utilizzare una propria attrezzatura di comunicazione; inoltre devono installare i propri punti di accesso wireless. Ogni altro tipo di comunicazione wireless deve essere autorizzata dal Comitato Tecnico quattro settimane prima della competizione, decidendo se permettere o meno la forma alternativa di comunicazione wireless. I trasmettitori analogici nella banda a 2,4 GHz e 5,0 GHz non sono permessi perché bloccano i canali 802.11.

### **2.11.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

Ci sono diverse arene costruite per questa sfida, tutte contraddistinte da colori che creano sfide con livelli crescenti di difficoltà [42]. Tutte le arene sono popolate da vittime simulate con diversi segnali vitali (come movimenti, testa, suoni e CO2).

#### **Arena Gialla**

Lo scopo dell'Arena Gialla rappresentata in Figura 2.11.1 è quello di incoraggiare le capacità autonome di navigazione dei robot e quelle di riconoscimento delle vittime. Essa consiste in un labirinto casuale formato da corridoi di 1,2 m di larghezza, ampie stanze e rampe con 15° di pendenza graduale, in modo da sfidare le capacità di localizzazione e mappatura dei robot. Carta e detriti ricoprono le rampe così da ostacolare anche i sensori odometrici. Le vittime nell'Arena Gialla possono essere



individuare solo da robot completamente autonomi, tutti gli altri devono mappare l'Arena Gialla e poi spostarsi nelle altre arene per ottenere i punti vittima. I robot autonomi devono ispezionare l'ambiente finché non riescono a riconoscere più segni di vita associati a una vittima. Se il robot ha raccolto un'indicazione di falso positivo, il robot viene penalizzato di 30 secondi. Se il robot si posiziona correttamente di fronte alla vittima, il giudice utilizza i dati visualizzati sull'interfaccia per assegnare il punteggio relativo. L'operatore può quindi localizzare la vittima (con un click) e riprendere la ricerca.



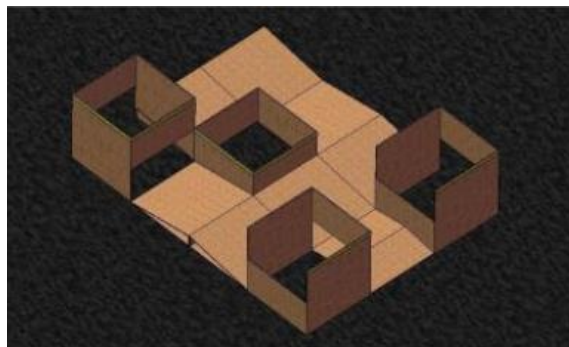
*Figura 2.11.1. Esempio di un'Arena Gialla.*

Sfide per robot con navigazione autonoma e identificazione delle vittime:

- labirinti casuali con pendenza del pavimenti di 15 ° rampe per sfidare localizzazione / mappatura.
- aperture a terreni più difficili in modo da incoraggiare la mappatura del terreno.
- le pareti potrebbero essere 60 cm oppure iniziare da 60 cm dal terreno(Figura 2.11.2). In questo modo i robot autonomi non possono semplicemente accostarsi alle pareti e seguirle. Allo stesso modo, uno scanner laser 2D montato potrebbe non essere sufficiente per trovare una strada sicura.
- una delle vittime nell'Arena Gialla è in una posizione più difficile da raggiungere. Il robot autonomo dovrà salire almeno un gradino per raggiungere questa posizione. Il robot deve effettuare il rilevamento 3D del gradino e, se decide di salirlo, deve avere le capacità meccaniche per farlo. Se un robot autonomo non

sale il gradino, può cercare le altre vittime nell'Arena Gialla e quindi procedere verso l'Arena Arancione.

- l'altezza massima di una vittima nell'Arena Gialla è di 1 m dal suolo. Sopra questa altezza, i robot dovrebbero considerare le presunte vittime come falsi positivi, visto che con molta probabilità sono spettatori. Gli spettatori sono collocati proprio a ridosso dei confini dell'arena e non è consentito farli spostare. Tuttavia, i membri della squadra possono chiedere gentilmente agli spettatori di non interferire inserendo le braccia nell'arena.



*Figura 2.11.2. Struttura dei muri per la Mappatura/Navigazione 3D.*

### **Arena Arancione**

Lo scopo dell'Arena Arancione (Figura 2.11.3) è quello di incoraggiare i robot ad affrontare terreni e ostacoli più difficili. Il labirinto casuale dell'arena gialla continua con corridoi di 1,2 m di larghezza e stanze, ma questa volta è fornito anche di rampe per aumentarne la difficoltà. Scale con 20 centimetri di rialzo, 40° di inclinazione e bordi del gradino in legno arrotondati forniscono l'accesso a piattaforme elevate. I cosiddetti "pipe steps", formati da tubi di plastica da 10 cm di diametro, impilati a formare gradini alti 20-30 cm, incoraggiano i robot a salire le scale in maniera affidabile, grazie alla loro geometria variabile. Al di sotto delle piattaforme elevate il passaggio si restringe e dal soffitto pendono pali quadrati da 10 cm, simili a stalattiti. Sfide di manipolazione mobili includono interazioni con terreni complessi e,

percorrendo pendenze laterali, si possono raggiungere vittime poste a varie altezze 0-40 cm, 40-80 cm e 80-120 cm.

Sfida per robot con limitata mobilità:

- Rampe di attraversamento (15°)
- Piani inclinati (45°)
- Scale (40-45°)
- Pipe steps
- Spazi ristretti
- Sfida per i manipolatori

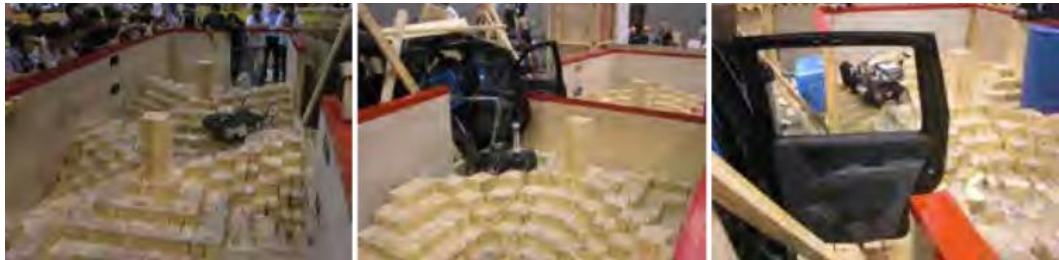


*Figura 2.11.3. Esempio di un'Arena Arancione.*

### **Arena Rossa**

Lo scopo dell'Arena Rossa è quello di incoraggiare approcci innovativi alla mobilità, in modo da realizzare manovre in modo affidabile e implementare sensori e/o manipolatori in un terreno complesso. RoboCup Rescue è stato, e continuerà ad essere, uno strumento volto alla cattura di dati sulle prestazioni dei robot che hanno mobilità avanzate, soprattutto in spazi ristretti. L'Arena Rossa è formata da una camera aperta (lunga 2,4 m e larga 6m). Gli stepfields di cui è composta l'arena sono realizzati con pali quadrati da 10 cm, tagliati ad altezze di 10, 20, 30, 40 e 50 cm e si possono osservare in Figura 2.11.4. Inizialmente nelle competizioni RoboCup Rescue, tutti i terreni di questo tipo venivano generati casualmente. Come previsto, questo però rendeva la sfida troppo difficile per gli sviluppatori di robot, sia per motivi legati alla

mobilità che per le conoscenze necessarie all'operatore durante le operazioni telecomandate a distanza. Tuttavia, queste topografie casuali non producevano risultati ripetibili nel corso di numerose prove. Dovendo diventare una prova standard e ripetibile, le più recenti configurazioni di territorio sono più simmetriche e non casuali.



*Figura 2.11.4. Esempio di un'Arena Rossa.*

### **Arena Blu**

Lo scopo di introdurre missioni “pick and place” nell'arena è quella di incoraggiare lo sviluppo di manipolatori mobili cartesiani controllati con cinematica inversa, in grado di afferrare e posizionare con precisione degli elementi a diversi livelli (0, 50, 100 cm) e distanze (30, 60 cm), mentre si lavora in terreni complessi (inizialmente rampe con pendenza 15 °). Blocchi di legno (10 cm<sup>3</sup> coperti da nastro adesivo) forniscono un oggetto relativamente leggero da manipolare. L'aggiunta di una vite ad anello come si vede in Figura 2.11.5 permette una presa semplificata. La vite è di circa 2 cm di diametro. Ci sono anche bottiglie d'acqua piene (500 ml) e piccole radio che possono essere manipolate. L'obiettivo è quello di mettere solo uno di questi tre oggetti all'interno della scatola della vittima trovata e guadagnare altri 20 punti (lo stesso numero di punti per le capacità di mappatura). All'inizio della missione, sono solo tre gli oggetti che possono essere trasportati sul robot. Elementi aggiuntivi devono essere recuperati dagli scaffali dell'Arena Blu. Le squadre possono scegliere quali elementi

avere a disposizione e con quale orientamento potranno essere posizionati sugli scaffali.



*Figura 2.11.5. Esempio di un'Arena Blu.*

### **Radio Drop-Out Zone**

Lo scopo della Radio Drop-Out Zone (contrassegnata dal nastro nero e giallo di pericolo in Figura 2.11.6) è quello di incoraggiare comportamenti autonomi e ragionevoli dei robot. In questa arena, è necessario che la navigazione autonoma del robot preveda comportamenti semplici, come quello di seguire le pareti o di posizionarsi al centro fra gli ostacoli. L'operatore può telecomandare in remoto il robot attraverso l'Arena Arancione fino all'inizio della Radio Drop-Out Zone. Una volta che il robot è in posizione iniziale, l'operatore avvia il comportamento autonomo del robot per fargli seguire il percorso il corridoio segnato con il nastro nero e giallo. Il pavimento sarà composto da rampe con 15° di pendenza, proprio come nell'Arena Gialla. Verrà posizionata una vittima bonus sul lato opposto della Radio Drop-Out Zone, in modo che, una volta attraversata, quando le comunicazioni radio verranno ripristinate, la vittima possa essere trovata tramite telecomando a distanza. Se il robot torna al punto di partenza della Radio Drop-Out Zone e ritrova la stessa vittima, essa conterà nuovamente nell'assegnazione dei punti. Questa è una sfida per robot con modeste capacità movimento e navigazione autonoma.



*Figura 2.11.6. Esempio di un'Arena Gialla/Nera (radio Drop-out Zone).*

### **Arena Nera**

Lo scopo di introdurre uno scenario di intervento d'emergenza è quello di correlare le prestazioni dei robot mostrate durante le missioni con un ambiente non strutturato. Uno o più veicoli verranno posizionati all'interno dell'Arena Nera (Figura 2.11.7). I veicoli dovranno essere circondati da macerie come se fossero stati coinvolti nel crollo di un cavalcavia, di un tunnel o di un garage, dovuto a un terremoto. Probabilmente le vittime saranno all'interno dei veicoli. Un lato dell'incidente avrà un terreno più accidentato, associabile ad un possibile collasso, accessibile dall'Arena Rossa. L'altro lato, invece, sarà meno danneggiato, associabile alla presenza di materiali pericolosi piuttosto che a un collasso, accessibile dalle Arene Gialla, Arancione o Radio Drop-Out Zone. Lo scopo sarà quello di individuare le vittime e altri potenziali pericoli presenti nell'area. Questo farà guadagnare punti come nel resto delle arene.



*Figura 2.11.7. Esempio Arena Nera.*

### **Arena Aerea**

Lo scopo dell'Arena Aerea (Figura 2.11.8) è quello di incoraggiare comportamenti autonomi su piccoli sistemi aerei senza pilota (small Unmanned Aerial Systems = sUAS). In particolare, questo evento è incentrato sul decollo e sull'atterraggio aereo verticale (tipicamente quadri rotore), di sistemi sotto i 2 kg di peso complessivo. Le abilità da dimostrare sono il mantenimento dello stato verticale e orizzontale con stallo automatico e centratura su finestre. Ci sono anche scatole delle vittime appese in spazio libero sopra le arene di terra. Questi obiettivi possono essere appesi vicini l'uno all'altro per aumentare la complessità. Gli spostamenti di aria generati dai tifosi aumenteranno ancora di più la complessità ambientale. Aerei Best-In-Class, nelle missioni finali, forniranno immagini dall'alto, mappe e altre informazioni utili a tutti i robot di terra (non in tempo reale) per favorire la collaborazione fra operazioni diverse. Questa è una sfida per micro/mini veicoli aerei con stallo autonomo e con capacità di mantenimento dello stato.



*Figura 2.11.8. Esempio Arena Aerea.*

## SCENARIO

Un edificio è parzialmente crollato a causa di un terremoto. Il comandante responsabile delle operazioni di soccorso presso il luogo del disastro, temendo crolli secondari da scosse di assestamento, ha chiesto alle squadre di robot di cercare immediatamente all'interno dell'edificio per trovare le vittime. La missione per i robot e i loro operatori è quella di trovare le vittime, determinare la loro situazione, lo stato e la posizione. Successivamente devono riportare i risultati ottenuti con i dati associati alla vittima segnalandoli su una mappa dell'edificio. La parte vicino all'ingresso dell'edificio appare relativamente intatta mentre l'interno della struttura mostra gradi crescenti di crollo. I robot devono cominciare a fronteggiare e trattare le zone leggermente danneggiate prima di incontrare ostacoli più impegnativi e le vere macerie. I compiti specifici dei robot durante questa sfida in funzione dell'arena sono [41]:

- superare strutture crollate e compromesse;
- individuare le vittime e verificare le loro condizioni;
- produrre mappe dell'ambiente;
- stabilire delle comunicazioni con le vittime;
- consegnare fluidi, alimenti, medicinali;
- collocare sensori per identificare/monitorare i pericoli;
- segnare o individuare i miglior percorsi di fuga per le vittime;
- fornire assistenza ai soccorritori.

In caso di difficoltà i robot sono considerati sacrificabili. Intorno all'arena sono posizionati dei QR codes. Se il robot è in grado di riconoscerli oppure riesce a mapparli correttamente guadagna punti extra. Questi codice possono trovarsi in due forme: nelle scatole delle vittime e sui muri dell'arena.



Ogni missione dura dai 15 ai 30 minuti (dipende dal numero delle squadre). Nel dettaglio le fasi dello scenario sono:

#### Inizio

Il punto di partenza di ogni robot è posto dentro o intorno all'Arena Gialla mostrata in Figura 2.11.1; devono essere rivolti tutti nella stessa direzione (definita come il “nord” sulla mappa) indicata da una freccia sul pavimento.

#### Missione

- Tutte le squadre devono passare l'Arena Gialla e i robot devono eseguire una navigazione e un'identificazione delle vittime autonoma in questa arena.
- Piccoli robot telecomandati possono usare delle scorciatoie per superare l'Arena Gialla più velocemente. Le scorciatoie potrebbero essere delle aperture triangolari nei muri (con lato di 60 cm ad altezza suolo) oppure potrebbero essere elementi dell'arena in miniatura, come labirinti e/o piccoli ostacoli immobili. Entrambe le configurazioni forniranno ottimi collegamenti alle Arene Arancione e Rossa.
- gli operatori possono telecomandare anche robot autonomi in modo da farli navigare all'interno delle Arene Arancione e Rossa per scovare vittime. Per individuare le vittime nell'Arena Gialla, invece, occorre riposizionare il robot autonomo all'inizio del percorso in modo che lui effettui una ricerca autonoma.
- i robot telecomandati possono individuare vittime solo nelle Arene Arancione e Rossa, esse sono posizionate in modo tale da incoraggiare i robot a effettuare una mappatura completa dell'arena.
- le squadre possono avere un solo operatore all'interno della stazione operativa durante una missione.

- soltanto un membro della squadra è autorizzato a stare all'interno dell'arena, in modo da guardare il robot ed aiutarlo in caso di ribaltamento ad esempio.

Dopo la missione

Al termine della missione, l'arena e le stazioni operative devono essere abbandonate entro 2 min. Sono richieste mappe GeoTiff che verranno successivamente comparate con quelle vere per verificarne l'accuratezza. La qualità delle mappe sarà revisionata dal Comitato Tecnico. Le mappe dovranno rispettare delle specifiche e devono essere disponibili in cinque minuti dopo la fine della missione.

### **2.11.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre**

#### **GESTIONE TURNI**

Le squadre vengono chiamate a eseguire la sfida con un ordine specifico determinato dai giudici all'inizio della competizione.

#### **DISTRIBUZIONE PUNTEGGI**

I punteggi sono distribuiti alle squadre in base alla logica descritta di seguito [41].

VITTIME PER ARENA (potrebbe variare in base alle dimensioni dell'arena):

- 4 nell'Arena Gialla.
- 4 nell'Arena Arancione.
- 4 nell'Arena Rossa.
- 2 Radio Drop-Out Zone.

#### **PUNTI PER VITTIMA**

Per ottenere i punti, i robot devono essere di fronte alla vittima ad almeno un metro di distanza.

**IDENTIFICAZIONE VISIVA (10 punti)**

#### ALTRI RILEVAMENTI (20 punti)

- (5 punti) Sensori di Moto.
- (5 punti) Sensori Termici.
- (5 punti) Sensori di CO2.
- (5 punti) Audio: vittima → operatore.
- (5 punti) Audio: operatore → vittima.

#### MAPPATURA DELL'ARENA (20 punti)

- (0 - 10 punti) Qualità delle mappe GeoTiff.
- (0 - 10 punti) Accuratezza posizione delle vittime.

#### CONSEGNA E POSIZIONAMENTO (20 punti)

- (20 punti) Posizionamento dei blocchi e bottiglie nelle scatole delle vittime trovate.

#### PUNTI PER AVER RILEVATO QR CODE

Ogni QR code può far guadagnare 6 punti.

#### PENALITÀ

- (-10 punti) per evento.
- Quando vengono danneggiati elementi dell'arena che necessitano di una sostituzione.
- Quando un robot fa del male ad una vittima.

#### PREMI

I premi per il primo, secondo e terzo posto sono consegnati alle squadre che avranno raggiunto il punteggio cumulativo più alto in 7-10 missioni.

Ci sono anche dei premi speciali Best-In-Class. Devono esserci almeno 3 squadre nella competizione Best-In-Class (2 nel caso regionale) per poter assegnare un certificato (o un trofeo).

Il premio Best-In-Class viene consegnato a robot individuali che dimostrano:

#### BEST-IN-CLASS AUTONOMIA

- 50%: trova (1 punto) e mappa (2 punti) autonomamente vittime e altri punti di riferimento (come per esempio QR codes) durante i preliminari.
- 50%: produce la miglior mappa dell'intera arena durante la missione Best-In-Class. Non presta attenzione alle vittime, ma solo alla ricerca e alla mappatura di QR codes.
- Mappe 3D: Se la mappatura dell'arena è tridimensionale, si prega di fornirne una fetta 2D a 2 m di altezza. Individuare punti di riferimento (quali muri alti) fa guadagnare 1 punto bonus, se mappato correttamente si possono guadagnare altri 2 punti bonus per ogni punto di riferimento.
- La durata delle missioni è di circa 20 minuti, non è consentito ricominciarla.
- Se più di una missione secondaria viene portata a termine, conta la migliore.

#### BEST-IN-CLASS MOBILITÀ

- 50%: trova il maggior numero di vittime nell'Arena Rossa durante una missione regolare.
- 50%: supera la maggior parte degli ostacoli nelle Arene Arancione e Rossa durante una missione Best-In-Class, senza prestare attenzione alle vittime. Guadagna 1 punto per ogni ostacolo (cioè in avanti/su e indietro/giù 2 punti).

#### BEST-IN-CLASS MANIPOLAZIONE MOBILE

- 50%: Posizionamento degli oggetti nella scatola delle vittime.
- 50%: afferrare il maggior numero di oggetti dagli scaffali dell'Arena Blu, durante la missione Best-In-Class. Questo permette di determinare le distanze raggiungibili dal manipolatore in due diverse condizioni: scaffale aperto e scaffale coperto da una mensola sopra.

#### BEST-IN-CLASS PICCOLO SENZA PILOTA AERIAL SYSTEM

- 50%: Compiti come rimanere di fronte a una finestra specifica, seguire una linea...

- 50%: Ricerca missioni lungo il terreno dell'arena.

#### CLASSIFICA 2014

Le prime 3 squadre classificate nel 2014 nella competizione RoboCup Rescue League del 2014 sono [39]:

**Primo posto:** *Hector Darmstadt, TU Darmstadt.*

**Secondo posto:** *MRLQIAU, Qazvin Azad.*

**Terzo posto:** *BART Lab Rescue Robotics Team, MahidolUniversity.*

I premi speciali sono stati invece assegnati a:

**Best-in-Class piccolo UAV:** *YRA, Islamic Azad University of Yazd.*

**Best-In-Class Autonomia:** *Hector Darmstadt, TU Darmstadt.*

**Best-In-Class Mobilità:** *MRL, Qazvin Azad.*

**Best-In-Class Manipolazione mobile:** *YRA, Islamic Azad University of Yazd.*

## 2.12 RoboCup Rescue – Rescue Simulation

L'obiettivo della competizione di ricerca e soccorso simulata quello di aumentare la consapevolezza delle sfide insite nelle applicazioni di ricerca e soccorso, fornire una valutazione oggettiva delle implementazioni robotiche in particolari ambienti e promuovere la collaborazione tra ricercatori. Un ambiente di disastro urbano simulato viene riprodotto sui computer collegati alla rete dell'arena. Agenti intelligenti quali vigili del fuoco, comandanti, vittime e volontari conducono ricerche e salvataggi in questo mondo virtuale.

Ci sono 3 tipi di competizioni in questo concorso:

- la competizione degli agenti (Agent competition).
- la competizione delle infrastrutture (Infrastructure competition).
- la competizione dei robot virtuali (Virtual robot competition).

La competizione degli agenti prevede un ambiente dove agenti eterogenei (polizia, vigili del fuoco e ambulanze) devono coordinarsi per affrontare uno scenario di disastro simulato su larga scala in tempo reale [48]. L'obiettivo generale della competizione è salvare più civili possibili, minimizzare i danni agli edifici in fiamme e allo stesso tempo eliminare le macerie sulle strade. È necessario utilizzare uno scenario multi-agente poiché la maggior parte dei problemi incontrati possono essere risolti solo con il lavoro di squadra (ad esempio, i vigili del fuoco, per poter spegnere gli incendi, dipendono dalla polizia per liberare le strade bloccate).

La competizione delle infrastrutture [47] prevede la valutazione degli strumenti e dei simulatori per la simulazione di problemi di gestione delle catastrofi. L'intento è quello di costruire simulatori realistici e strumenti che potrebbero contribuire a migliorare il simulatore RoboCup Rescue espandendolo. Questa competizione non verrà trattata in dettaglio.

La competizione dei robot virtuali (VR competition) si concentra sul simulatore USARSim che è basato sul motore di gioco del famoso videogame “Unreal Tournament” [46]. USARSim è un simulatore 3D che permette di simulare più agenti e le cui capacità sono il più simile possibile a quelle di robot reali [44]. Questo dà la possibilità alla competizione di simulare scenari di ricerca e soccorso realistici.

### **2.12.1 Specifiche sui robot**

#### **STRUTTURA**

#### **AGENT COMPETITION**

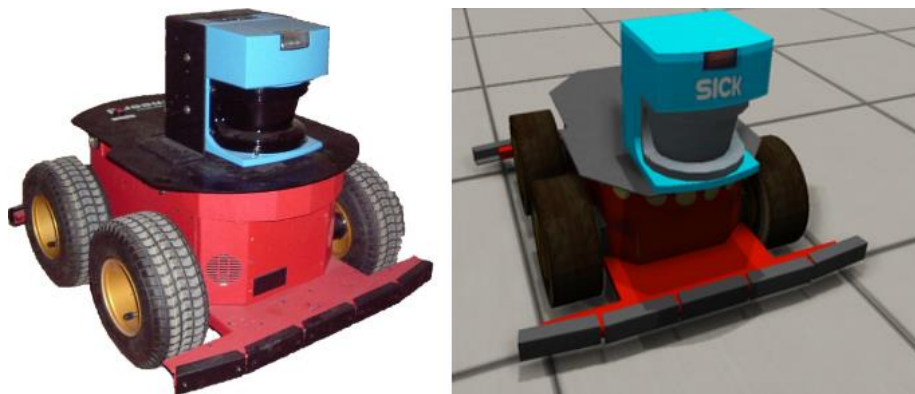
Gli agenti possono essere di 3 tipi [48]:

- agenti di polizia: sono responsabili della pulizia degli ostacoli presenti sulle strade. La presenza dei detriti intralcia i movimenti delle ambulanze e dei vigili del fuoco quindi, anche se gli agenti di polizia non soccorrono direttamente i civili, sono di fondamentale importanza per completare la competizione con successo.
- ambulanze: i soccorritori sulle ambulanze sono responsabili di salvare i civili bloccati negli edifici. Una volta individuata la vittima, devono prima rimuovere i detriti da essa, caricarla sull’ambulanza e infine portarla nel rifugio. Le ambulanze non possono rimuovere gli ostacoli dalle strade, ma solo dai civili.
- vigili del fuoco: la loro responsabilità è quella di estinguere i fuochi. Devono riuscire a farlo nel minor tempo possibile in modo tale che non si appicchi il fuoco anche negli edifici vicini.

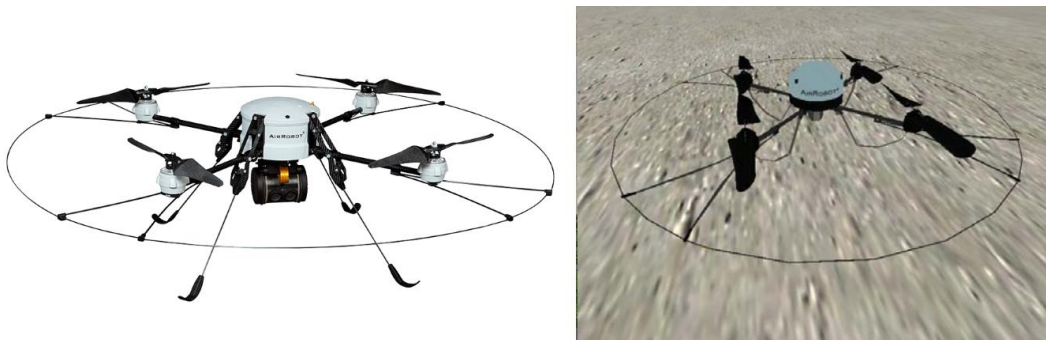
#### **VIRTUAL ROBOT COMPETITION**

Le squadre possono utilizzare combinazioni dei seguenti robot con i seguenti sensori testati e correttamente funzionanti:

- P3AT (odometria, INS, fotocamera, batteria, sonar, telemetri laser) mostrato in Figura 2.12.1.
- AirRobot (fotocamera, batteria) mostrato in Figura 2.12.2.
- Kenaf (odometria, INS, fotocamera, batteria, sonar, telemetri laser) mostrato in Figura 2.12.3.

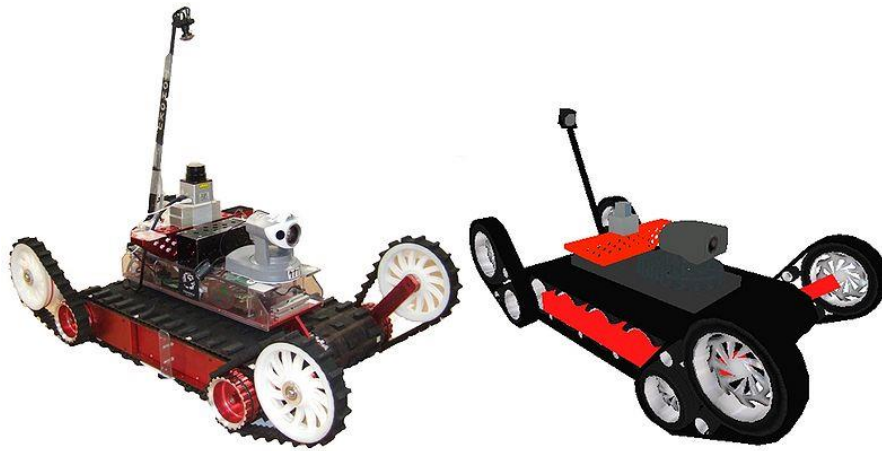


*Figura 2.12.1. Sulla destra il robot P3AT e sulla sinistra la sua simulazione.*



*Figura 2.12.2. Sulla destra il robot AirRobot e sulla sinistra la sua simulazione.*





*Figura 2.12.3. Sulla destra il robot Kenaf e sulla sinistra la sua simulazione.*

#### ATTUATORI

I robot hanno gli attuatori delle piattaforme robotiche specificate nella Sezione 'Struttura'.

#### SENSORI

I robot hanno i sensori delle piattaforme robotiche specificate nella Sezione 'Struttura'.

#### COMUNICAZIONE

Ci sono due forme di comunicazione: dire (*say*) e raccontare (*tell*). I messaggi *say* sono trasmessi direttamente (urlati) via radio e possono essere raccolti da tutti i tipi di agenti entro i 30m. I messaggi *tell* possono essere ricevuti solo dagli agenti dello stesso tipo indipendentemente dalla distanza.

#### **VIRTUAL ROBOT COMPETITION**

Tutte le comunicazioni (operatore-robot e robot-robot) utilizzano il Wireless Communication Server (WSS). Il WSS simula i collegamenti di rete wireless in situazione

d'emergenza. In tale situazione i collegamenti di rete non sono garantiti, il che costringe gli sviluppatori di robot ad affrontare i problemi di collegamenti wireless non affidabili.

## **2.12.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

STRUTTURA

### **AGENT COMPETITION**

Nel luogo della competizione ci sono diversi cluster con 4 computer ciascuno. Un PC per cluster è riservato ai componenti del simulatore; i restanti tre sono a disposizione per eseguire i controllori dei robot delle squadre.

La piattaforma di simulazione RoboCup Rescue esegue un kernel che connette i seguenti principali simulatori:

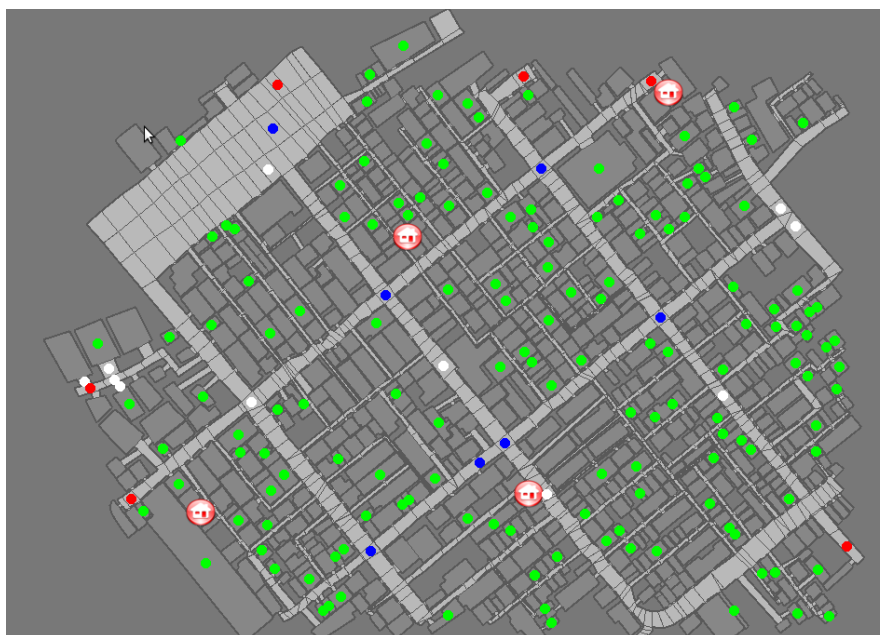
- simulatore di traffico: impone le regole del traffico (per esempio i sensi unici o le strade a più corsie) e simula gli ingorghi e gli spostamenti degli agenti lungo le strade su una mappa.
- simulatore di fuoco: simula i processi coinvolti nella propagazione del fuoco in funzione della direzione del vento, le caratteristiche degli edifici e i contenuti di acqua.
- simulatore civile: simula il comportamento di civili come il movimento lungo le strade.
- simulatore di fumo: simula il comportamento del fumo nell'ambiente. La sua funzione è quella di permettere l'identificazione di un possibile incendio non visibile direttamente a degli agenti.
- simulatore di crolli: simula la generazione di nuove scosse di assestamento durante la simulazione. Ogni scenario è limitato a 10 scosse.

In supplemento a questi simulatori sono aggiunti:

- un nuovo metodo di pulizia: gli agenti sono in grado di rimuovere le ostruzioni lungo una direzione e un lato preferiti.
- un distributore di gas: questo distributore è un'entità dell'ambiente. Quando divampa un fuoco qui, ci sono due conseguenze differenti rispetto a un edificio normale: aumenta l'espansione del fuoco anche nella case vicine e le distrugge gli edifici confinanti.
- un idrante: l'idrante è un'entità che permette ai vigili del fuoco di riempire i loro serbatoi d'acqua (invece di dover andare obbligatoriamente a fare rifornimento nei rifugi).

Le mappe sono fornite dal Comitato Tecnico. Il numero di edifici e strade è limitato a 10000. Uno strumento di convalida viene utilizzato per controllare la connettività completa di strade ed entrate degli edifici nella mappa. I parametri di simulazione sono adeguati alla scala della mappa e al livello di difficoltà dello scenario in modo da renderlo il più realistico possibile.

Un esempio di scenario generato per le finali del 2014 è raffigurato in Figura 2.12.4.



*Figura 2.12.4. Mappa “Kobe” utilizzata nelle finali 2014 della RoboCup Rescue Simulation – Agent competition. I civili sono rappresentati dai puntini verdi.*

Questo mondo è popolato da civili, agenti dinamici e agenti statici. Gli agenti dinamici sono i vigili del fuoco, la polizia, le ambulanze e i civili. Questi hanno dei punti vita (*hp*) e possono essere posizionati negli edifici, lungo le strade o negli incroci. Gli agenti statici sono l’ospedale, la stazione dei vigili del fuoco e stazione di polizia.

### **VIRTUAL ROBOT COMPETITION**

Durante la competizione, gli organizzatori forniscono due serie di macchine (chiamato cluster). USARSim viene eseguito in modalità server su ogni cluster. Ogni squadra esegue il proprio codice (client) sulle proprie macchine. Un singolo cavo TCP / IP viene fornito al team per connettersi a un cluster. Uno dei due cluster è utilizzato dalla squadra al momento in competizione, mentre il secondo è utilizzato dalla squadra successiva. Ogni squadra ha 20 minuti per settare il proprio cluster. La gara inizia all’orario previsto anche se una squadra non è pronta. I robot sono dotati di batterie

che funzionano per circa 20 minuti. Al momento di inizio previsto, i robot sono disposti nell'ambiente simulato; le squadre possono recuperare la posizione e l'orientamento dei robot direttamente da USARSim utilizzando il comando GETSTARTPOSES.

## SCENARIO

### **AGENT COMPETITION**

Uno scenario è composto da:

- una mappa.
- un insieme iniziale di agenti/civili posizionati.
- un insieme di opzioni di configurazione per ciascuno dei componenti del simulatore.

Il Comitato tecnico produce una serie di scenari per la competizione e tutte le squadre operano sullo stesso set di mappe. Il numero di entità permesse per ognuno è specificato nella Tabella 2.12.1. Ci sono due fasi in questa competizione: fase di pre-calcolo e la fase di simulazione.

### FASE DI PRE-CALCOLO

Il pre-calcolo ammette un agente per tipo (per esempio vigile del fuoco o poliziotto) e permette di caricare e utilizzare dati-mappa specifici al fine di processarli e conservarli in un file. Tuttavia, solo ad un agente di ogni tipo è permesso connettersi al server ed eseguire tali algoritmi di calcolo.

Questa fase è limitata a due minuti e trascorso il tempo, il server si blocca. Il pre-calcolo è consentito alle seguenti condizioni:

- i dati devono essere generati da un programma per computer, senza interazione umana;

- le informazioni per tutte le mappe note devono essere generati da un singolo programma per computer;
- il programma usato per l'elaborazione dei dati della mappe conosciute dovrebbe funzionare correttamente anche quando vengono fornite nuove mappe;
- gli agenti dovrebbero funzionare ugualmente, anche in assenza di dati di calcolo di una mappa;
- il programma di pre-calcolo sorgente sarà aperto alla fine della competizione.

#### FASE DI SIMULAZIONE

La fase di simulazione corrisponde alla simulazione della squadra presente nello scenario del simulatore della gara (quella valida per la raccolta del punteggio). La squadra deve collegare tutti i suoi agenti al kernel, al fine di eseguire la simulazione dello scenario in corso entro tre minuti. La simulazione dello scenario ha inizio entro e non oltre tre minuti dopo che il primo agente comincia la sua connessione con il kernel.

<b>Entità</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<i>Vigili del fuoco</i>	0	50
<i>Forza di polizia</i>	0	50
<i>Ambulanze</i>	0	50
<i>Stazione dei vigili del fuoco</i>	0	5
<i>Stazione di polizia</i>	0	5
<i>Ospedale</i>	0	5
<i>Civili</i>	0	1000
<i>Rifugi</i>	0	Infiniti
<i>Punti della combustione iniziale</i>	0	50

Tabella 2.12.1. Numero di agenti permessi e delle altre entità in uno scenario della agent competition.

## VIRTUAL ROBOT COMPETITION

L'obiettivo della squadra è quello di esplorare e mappare la zona sconosciuta e di riferire quante più informazioni possibili ad un ipotetico team di soccorso per poter entrare e salvare le vittime. Le informazioni comprendono la mappa dell'ambiente, la posizione delle vittime e la classificazione delle zone esplorate (senza vittime, sconosciuto, ecc.).

Durante la competizione, gli scenari di ricerca e soccorso possono trovarsi sia internamente (come in Figura 2.12.5) che esternamente agli edifici. Prima della gara, alle squadre sono fornite di tutte le informazioni di base sullo scenario. Ciò includerà la posizione del disastro (interno/esterno) e possibili pericoli. Le squadre devono cercare le vittime disposte in luoghi diversi dell'ambiente e disporre i loro robot vicino ad ogni vittima (nel raggio di 1,5 metri intorno alla vittima). Le squadre possono chiedere le mappe generate da ciascuna squadra per confrontare le loro prestazioni e rilasciare anch'esse i propri risultati alle altre.



*Figura 2.12.5. Esempio di scenario simulato per la VR competition con civili feriti all'interno di un edificio.*

### 2.12.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre

#### GESTIONE TURNI

Le squadre vengono chiamate a eseguire la sfida con un ordine specifico determinato dai giudici all'inizio della competizione.

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

##### **AGENT COMPETITION**

La competizione è strutturata in tre turni secondo il seguente ordine: un turno preliminare, una semifinale e una finale. Il turno preliminare si svolgerà in due giorni consecutivi (primo e secondo giorno di competizione), mentre la semifinale e finale hanno luogo in un solo giorno (terzo e quarto giorno della competizione). Ogni turno è composto da diverse sessioni, una sessione è l'insieme di simulazioni eseguite per tutte le squadre in uno scenario specifico. Solo i primi 10 classificati nel secondo giorno della fase preliminare possono partecipare alle semifinali, mentre i primi 4 classificati nelle semifinali possono competere per il turno finale. La competizione del 2014 è composta da diverse sessioni ( $S$ ). Ad ogni sessione le squadre partecipanti ricevono un numero di identificazione da  $t_1$  a  $t_n$ , dove  $n$  rappresenta il numero delle squadre partecipanti in quella sessione. La sessione ha una serie di mappe ( $M$ ) e ogni mappa riceve anche un numero di identificazione da  $m_1$  a  $m_p$ , dove  $p$  rappresenta il numero di mappe in quella sessione. Quindi, i gruppi ( $T = \{t_1, \dots, t_n\}$ ) sono valutati in ogni sessione per ciascuna mappa ( $M = \{m_1, \dots, m_p\}$ ) come descritto di seguito. In una sessione  $s \in S$ , per ogni mappa  $j$  ( $j \in M$ ), il punto di ciascuna squadra  $i$  ( $i \in T$ ) sarà calcolata in base alla seguente formula:



$$Team_i Map_j Points = \frac{Team_i Map_j Score - Min(Teams' Map_j score)}{Max(Teams' Map_j score) - Min(Teams' Map_j score)}$$

Per ridurre i casi di mappe incomparabili (in cui per esempio i punteggi sono troppo vicini per essere confrontati), viene calcolato un valore della mappa per ognuna in funzione della differenza di punteggi di tutte le squadre e del punteggio iniziale della mappa.

$$Map_j Value = \frac{Teams' Map_j Scores Variance}{Map_j Initial Score}$$

Il valore della mappa e i punti della squadra vengono poi aggregati nella formula seguente:

$$Team_i Final Value Session_s = \sum_{j=m_1}^{m_p} Map_j Value \times Map_j Team's Points$$

Il valore finale calcolato della squadra in una sessione viene utilizzato per generare una classifica: la squadra con il valore più elevato è al primo posto, la seconda al secondo posto e così via.

## **VIRTUAL ROBOT COMPETITION**

Il calcolo del punteggio di un membro della squadra viene conteggiato non appena l'operatore:

- avvia un robot;
- spinge attivamente il robot in giro;
- arresta un robot prima che la prova sia finita (ad esempio, per evitare che sbatta contro le vittime);
- è coinvolto in qualche modo nel processo di riconoscimento della vittima.

Ogni squadra può avere solo un operatore umano per ogni prova. Se  $m$  è il numero delle vittime che la squadra ha identificato correttamente e  $t$  è il tempo impiegato per terminare la competizione, il punteggio della squadra è calcolato con le seguenti formule:

$$\text{Score} = 50 * \left[ 10m + \left( 1 - \frac{t}{T} \right) \right] \alpha$$

$$\text{Score} = [10m + 10\beta MS] \alpha$$

Dove  $\alpha$  è proporzionale alla difficoltà del livello della mappa,  $\beta$  è una costante compresa tra 0,1 e 1 e  $S$  è il rapporto dell'area totale esplorata dai robot. Questo classifica in automatico tutte le squadre in base al numero delle loro vittime. Se più squadre trovano tutte le vittime vengono classificate per il tempo di completamento della competizione.

#### CLASSIFICA 2014

La classifica 2014 per la agent competition [43] della RoboCup Rescue Simulation League è:

1. **Primo posto:** *S.O.S, AmirkabirUniversity.*
2. **Secondo posto:** *MRL, Qazvin Azad.*
3. **Terzo posto:** *CSU\_Yunlun, Central South University.*

I punteggi della fase finale più dettagliati sono indicati in Tabella 2.12.2.

<i>Squadre</i>	<i>Totale</i>	<i>Classifica</i>	
		<b>Punteggi mappe</b>	<b>Punti</b>
<i>Kherad</i>	932.85	24	4
<i>CSU-YUNLU</i>	918.16.00	25	3
<i>MRL</i>	967.71	36	2
<i>S.O.S</i>	978.01.00	45	1

Tabella 2.12.2: Finali della agent competition della RoboCup Rescue Simulation league 2014.

Il primo posto della virtual robot competition è stato ottenuto da *MRL, Qazvin Azad*, mentre il secondo posto da *Yildiz, Turchia*. Nella Tabella 2.12.3 vengono precisati i punteggi.

<b>Squadre</b>	<b>Punti</b>	<b>Classifica</b>
<i>MRL</i>	95	1
<i>Yildiz</i>	87	2

*Tabella 2.12.3. Punteggio della virtual robot competition della RoboCup Rescue Simulation league 2014.*

Un grande contributo è stato apportato alle infrastrutture dalla squadra che ha anche vinto il primo premio in merito: *Amsterdam Oxford Joint Rescue Forces, UVA/Oxford University*.

## **2.13 RoboCup@Work League**

RoboCup@Work è una nuova competizione della RoboCup, che si concentra sull'uso di robot in ambienti lavorativi. Ha lo scopo di promuovere la ricerca e lo sviluppo che consente l'uso di robot mobili innovativi, dotati di manipolatori avanzati. I robot collaborano con i lavoratori umani per compiti complessi che vanno dalla produzione, all'automazione fino alla logistica generale.

### **2.13.1 Specifiche sui robot**

#### **STRUTTURA**

Almeno uno dei robot utilizzati da ogni squadra deve essere mobile. Non ci sono assunzioni specifiche sulla progettazione della cinematica, ma i robot mobili dovrebbero essere in grado di muoversi su superfici sostanzialmente piate. Un robot, inteso anche come l'insieme di tutte le parti ad esso attaccate nella competizione, deve essere in grado di muoversi da solo, in modo tale che si possa inserire in un cubo di dimensioni 80 cm x 50 cm x 80 cm (lunghezza x larghezza x altezza). Non sono ammessi dispositivi esterni.

#### **ATTUATORI**

Almeno un robot per squadra deve muoversi su ruote. I robot devono avere almeno un manipolatore e devono essere in grado di afferrare oggetti con una pinza parallela, che ha una ganaschia di almeno 5 cm ed è più leggera di 300 gr. Il manipolatore del robot deve essere progettato e montato sul robot in modo da poter afferrare oggetti collocati ad altezze fra 0 cm e 40 cm dal pavimento.

## SENSORI

I robot usano sensori per ottenere informazioni dall'ambiente circostante sulla loro posizione e su oggetti rilevanti. La maggior parte dei sensori che possono essere utilizzati dai robot includono:

- telemetri laser;
- camere a colori (qualsiasi tipo di Camera USB);
- camere 3D (come la camera Kinect).

La progettazione dello scenario dovrebbe essere tale da permettere ai robot di risolvere i compiti in modo sicuro utilizzando (tutti o parte di) questi sensori.

L'utilizzo di sensori esterni è permesso, ma viene considerata una "semplificazione della prova", vengono quindi aggiunti punti di penalità al punteggio finale.

## COMUNICAZIONE

Può essere richiesto che i robot siano equipaggiati con un sistema di comunicazione wireless di qualche tipo.

### **2.13.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

La competizione avviene in un'arena rettangolare non inferiore a 2 m x 4 m e non superiore a 8 m x 10 m (come si vede in Figura 2.13.1).



*Figura 2.13.1. Esempio di setup ambientale per RoboCup@Work.*

Il pavimento è fatto di un materiale molto rigido. L'arena è in parte circondata da muri, di altezza non inferiore ai 20 cm e non superiore a 40 cm. Un'arena progettata per un particolare tipo di test potrebbe contenere anche ostacoli, passivi (cioè non in grado di spostarsi) o attivi (altri robot).

Gli oggetti da manipolare in RoboCup@Work possono includere una vasta gamma di oggetti di rilevanza industriale. Un esempio di estrapolazione di questi oggetti è raffigurata in Figura 2.13.2.

	Symbolic Description	Weight (in g)	Details
	F20_20_B	49g	Height: 20mm Width: 20mm Length: 100mm
	F20_20_G	49g	Height: 20mm Width: 20mm Length: 100mm
	S40_40_B	186g	Height: 40mm Width: 40mm Length: 100mm

*Figura 2.13.2. Esempio di tre oggetti presenti sulla lista di manipolazione per la competizione RoboCup@Work.*

## SCENARIO

Ogni particolare test potrebbe comportare un differente scenario. La prova generale è suddivisa in 2 fasi e una finale [50]:

### Stage 1

- BNT: Basic Navigation Test.
- BMT: Basic Manipulation Test.
- BTT: Basic Transportation Test.

### Stage 2

- CBT: Conveyor Belt Test.

- PPT: Precision Placement Test.

#### Finali

- Una combinazione delle prove precedenti.

Non è necessario che la prova più complessa sia nella finale.

Per ognuno di questi test (BNT, BMT, BTTT, CBT e PPT) ci sono 3 tipi di difficoltà: bassa, media ed alta. Di seguito sono riportati tutti i test nel dettaglio con i vari livelli di difficoltà:

#### BASIC NAVIGATION TEST (BNT)

Lo scopo del Basic Navigation Test (BNT) è quello di verificare se i robot sono in grado o meno di navigare bene nel loro ambiente. L'arena utilizzata per questa prova contiene vari elementi: muri, aree di servizio, spiazzi, oggetti d'arena (ostacoli), marcatori a muro e a pavimento. Possono essere posizionati anche degli ostacoli. Per questa prova viene utilizzato un singolo robot a cui viene inviata la descrizione del compito. Questa è una stringa che contiene una serie di 3 dati: un luogo, un orientamento e la durata della pausa. Il robot si deve spostare sul luogo indicato (coprendo un marchio nero), sostare con l'orientamento e il tempo specificato e infine lasciare l'arena. Il tempo che viene concesso a ogni squadra per completare la prova è di 5 minuti.

Il BNT di difficoltà bassa non ha ostacoli (statici o dinamici) se non gli elementi standard presenti dell'arena, in più il robot può coprire anche solo in parte il contrassegno. Nel livello di difficoltà medio si aggiungono 3 ostacoli rispetto a quello semplice e, infine, nella difficoltà elevata il robot deve anche ricoprire completamente il marchio.



### BASIC MANIPULATION TEST (BMT)

Lo scopo del Basic Manipulation Test (BMT) è quello di dimostrare le capacità di manipolazione di base dal robot: afferrare, girare o posizionare un oggetto. L'arena utilizzata per questa prova contiene principalmente gli stessi elementi usati nel Basic Navigation Test. Viene utilizzato un solo robot che la squadra può posizionare in modo arbitrario. Il compito consiste in una sequenza di operazioni di manipolazione con piccoli movimenti tra un compito e l'altro. In pratica dovranno essere spostati dei piccoli oggetti da un luogo a un altro. La prova è terminata quando tutti gli oggetti sono stati spostati nell'area di servizio (destinazione) oppure quando termina il tempo.

Nella prova BMT di difficoltà bassa, la squadra può liberamente scegliere da una lista sia gli oggetti da manipolare (come in Figura 2.13.2) che la loro posa e orientamento. Per la difficoltà media vengono aggiunti all'arena altri due o più oggetti e la squadra non può più decidere la loro posizione. Nel livello di difficoltà alto tutti gli oggetti e relative posizioni e orientamenti vengono decisi casualmente.

### BASIC TRANSPORTATION TEST (BTT)

Lo scopo del Basic Transportation Test (BTT) è quello di valutare la capacità sia di navigazione che di manipolazione del robot. Viene utilizzata la stessa arena del Basic Manipulation Test. Viene utilizzato un solo robot che, inizialmente, viene posizionato al di fuori dell'arena vicino ad un cancello d'accesso. Il compito dei robot è quello di prendere diversi oggetti dalle aree di servizio di origine e portarli nelle aree di servizio a cui sono destinati. I robot possono trasportare fino a tre oggetti contemporaneamente. La specifica operazione è inserita in due elenchi:

- La prima lista contiene per ogni area di servizio un elenco di descrizioni degli oggetti da manipolare. Le descrizioni sono simili a quelle utilizzate nel Basic Manipulation Test (Figura 2.13.2).

- Il secondo elenco contiene per ogni area di servizio di destinazione una configurazione per la manipolazione degli oggetti che il robot dovrebbe adottare.

I livelli di difficoltà sono gli stessi utilizzati per il Basic Manipulation test.

#### CONVEYOR BELT TEST (CBT)

Lo scopo del Conveyor Belt Test (CBT) è quello di valutare la capacità del robot di manipolare oggetti che sono collocati su un nastro trasportatore in movimento. Viene utilizzata la stessa arena del Basic Manipulation Test. Nel caso in cui l'arena non preveda già un nastro trasportatore (vedi Figura 2.13.3), esso verrà aggiunto solo per questo particolare test. Almeno il lato lungo del nastro trasportatore dovrà essere accessibile al robot. Le altre parti potrebbero non essere accessibili, in quanto il dispositivo è posizionato in un angolo.



*Figura 2.13.3. Illustrazione di un nastro trasportatore utilizzato nella competizione.*

Viene utilizzato un solo robot. La squadra deve posizionarlo al di fuori dell'arena. Inizialmente il nastro trasportatore non si muove e il primo oggetto vi viene

posizionato sopra. Il compito del robot è quello di individuare la posizione del nastro trasportatore e di afferrare tutti gli oggetti dal nastro mobile prima che cadano dall'altra estremità opposta. Il robot dovrebbe poi posizionare gli oggetti afferrati su sé stesso. La prova finisce quando il robot ha afferrato con successo tutti gli oggetti o quando il tempo previsto per la prova è scaduto.

Nel CBT di difficoltà bassa la squadra sceglie 1 oggetto da manipolare e può posizionarlo sul nastro all'altezza che preferisce. Nella difficoltà media la squadra deve scegliere 2 oggetti, mentre la posizione e l'ordine con cui vengono disposti sul nastro è casuale. Infine, per la difficoltà alta, gli oggetti che la squadra sceglie devono essere 4.

#### PRECISION PLACEMENT TEST (PPT)

Lo scopo del Precision Placement Test (PPT) è quello di valutare la capacità del robot di afferrare e posizionare oggetti all'interno di cavità specifiche. L'Arena utilizzata è mostrata in Figura 2.13.4.

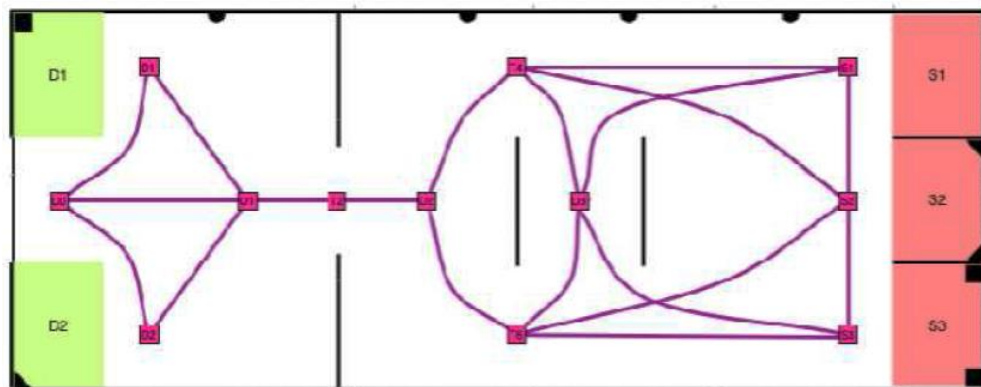
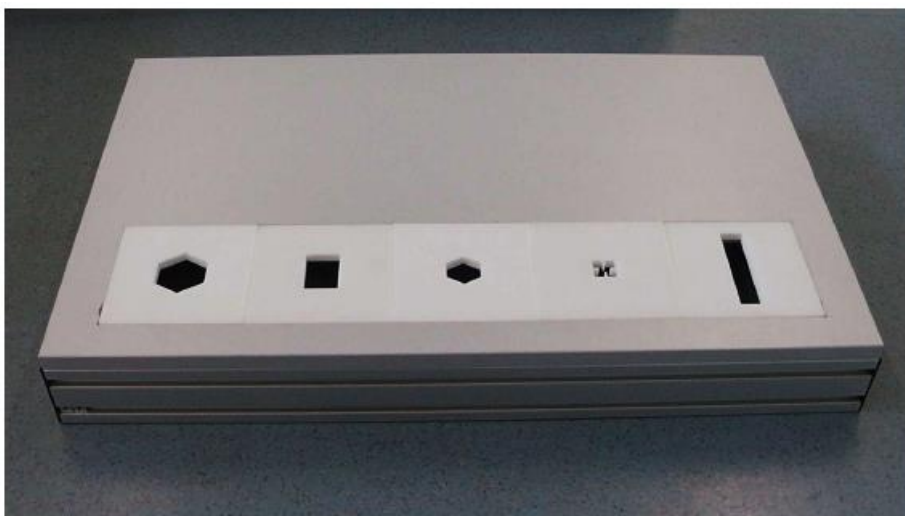


Figura.2.13.4. Scenario usato per la sfida PPT.

Viene utilizzato un solo robot. La squadra può posizionarlo liberamente all'interno dell'arena. L'obiettivo del robot è quello di scegliere un oggetto dall'area di servizio e di posizionarlo precisamente all'interno della corrispondente cavità (un esempio è illustrato in Figura 2.13.5).



*Figura 2.13.5. Piattaforma PPT con 5 cavità.*

Il PPT di difficoltà bassa prevede che la squadra scelga liberamente tutti gli oggetti insieme alle loro posizioni e orientamenti (tutti devono avere lo stesso orientamento). La posizione e l'orientamento delle cavità è casuale. Nella difficoltà media la squadra sceglie 5 oggetti dalla lista (di cui è rappresentata una parte in Figura 2.13.2); di questi selezionati ne vengono estratti 3 casualmente e infine ne vengono aggiunti altri 2 dalla lista generale. Nella difficoltà alta tutti gli oggetti e le cavità vengono scelti casualmente.

### **2.13.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre**

#### **GESTIONE TURNI**

Il numero di squadre che possono partecipare viene determinato, con largo anticipo, sia dal Comitato Tecnico che dal Comitato Organizzativo. Le regole devono consentire una competizione con un massimo di 24 squadre e che non duri più di quattro giorni interi. L'ordine in cui le squadre devono partecipare alla gara viene determinato tramite sorteggio dal Comitato Organizzativo. L'ordine viene reso pubblico almeno

un'ora prima della prova. Ogni gara viene preceduta da due minuti di preparazione. Questo tempo inizia quando la squadra precedente ha lasciato l'arena.

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

Per ogni prova, il calcolo del punteggio comprende: i punti vittoria, i punti ottenuti dal raggiungimento di obiettivi secondari, quelli negativi dovuti all'uso di semplificazioni e quelli dovuti alle penalità. Se non specificato diversamente, il seguente elenco di regole può essere applicato ad ogni test. Le squadre possono ottenere anche delle riduzioni di punteggio. Ogni punteggio viene moltiplicato per il rispettivo fattore di difficoltà utilizzato nella prova:

- bassa: 0.75.
- media: 1.
- alta: 1.4.

Nello specifico, per ogni test i punteggi applicati sono:

##### BNT

- 50 punti se il robot raggiunge la destinazione correttamente.
- -50 punti ogni volta che tocca qualche ostacolo o muro.
- 50 punti se completa le specifiche della prova correttamente (posizione e orientamento) e infine lascia l'arena.

##### BMT

- 100 punti per afferrare e manipolare correttamente l'oggetto (al contrario - 100).
- 50 punti per il posizionamento corretto dell'oggetto nell'area di servizio.
- 50 punti se completa le specifiche della prova correttamente.

##### BTT

- 75 punti per afferrare e manipolare correttamente l'oggetto specificato nella prova (altrimenti -75 per un oggetto sbagliato).

- 75 punti per il posizionamento corretto dell'oggetto nell'area di servizio.
- 50 punti se completa le specifiche della prova correttamente.

#### CBT

- 200 punti per afferrare correttamente un oggetto dal nastro trasportatore.
- -150 punti se l'oggetto cade a terra o non si posiziona correttamente sul robot.
- 50 punti al completamento della prova (quando tutti gli oggetti sono posizionati sul robot).

#### PPT

- 50 punti per afferrare correttamente un oggetto.
- 100 punti per posizionare un oggetto nella sua corretta cavità (altrimenti -50).
- 50 punti al completamento della prova (quando tutti gli oggetti sono stati inseriti nelle corrette cavità).

Il numero di squadre che possono partecipare viene determinato, con largo anticipo, sia dal Comitato Tecnico che dal Comitato Organizzativo. Le regole devono consentire una competizione con un massimo di 24 squadre e che non duri più di quattro giorni interi. L'ordine in cui le squadre devono partecipare alla gara viene determinato tramite sorteggio dal Comitato Organizzativo. L'ordine viene reso pubblico almeno un'ora prima della prova. Ogni gara viene preceduta da due minuti di preparazione. Questo tempo inizia quando la squadra precedente ha lasciato l'arena.

#### CLASSIFICA 2014

La classifica finale della competizione RoboCup@Work 2014 [49] è rappresentata in Figura 2.13.6.

RoboCup@Work 2014 results		
<b>1st place</b>	smARTLab@Work	2857.5 pts
<b>2nd place</b>	b-it-bots	1810.625 pts
<b>3rd place</b>	Lyon CPE	978.125 pts
<b>4th place</b>	LUHbots	885 pts
<b>5th place</b>	WF Wolves	640.625 pts
<b>6th place</b>	Robo-Erectus	0 pts
<b>6th place</b>	Robotica UBM	0 pts

*Figura 2.13.6. Classifica finale della RoboCup@Work 2014.*

## **2.14 International Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition (IMAV) 2013**

IMAV 2013 ha come obiettivo quello di fornire argomenti di discussione sui progressi della tecnologia dei "Micro Air Vehicle" (MAV). Le regole della competizione sono impostate per stimolare i seguenti punti:

- Un alto livello di autonomia
- Più veicoli MAV
- Sistemi MAV operativi
- Design personalizzati di autopilota
- Piattaforme con alte prestazioni

Ci sono 2 tipi di missioni che sono incluse nella competizione IMAV, quella esterna e quella interna.

### **2.14.1 Specifiche sui robot**

#### **STRUTTURA**

La dimensione massima di un MAV è 1 metro che è determinata dall'apertura alare del velivolo, o dalla distanza orizzontale massima di un'ala rotante (incluse le pale). Il peso massimo è di 2 Kg per tutti i tipi di MAV. Size factor  $S=1 /$  (dimensione in metri del MAV). Un esempio di MAV è rappresentato in Figura 2.14.1. Tutti i Velivoli devono essere equipaggiati con dei dispositivi di sicurezza che permettono al pilota di tenere il pieno controllo del MAV in qualsiasi momento durante il volo passando alla modalità manuale.





*Figura 2.14.1. MAV utilizzato durante la missione esterna IMAV 2013.*

#### ATTUATORI

Il veicolo devono avere una struttura aerodinamica ed essere in grado di volare.

#### SENSORI

I robot possono essere attrezzati con qualsiasi tipo di sensore.

#### COMUNICAZIONE

Può essere richiesto che i robot siano equipaggiati con un sistema di comunicazione wireless di qualche tipo.

### **2.14.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

#### STRUTTURA

La missione interna viene svolta presso la sede ENAC (Ente nazionale per l'aviazione civile) in Francia [51]. La struttura generale dell'arena è rappresentata in Figura 2.14.2.

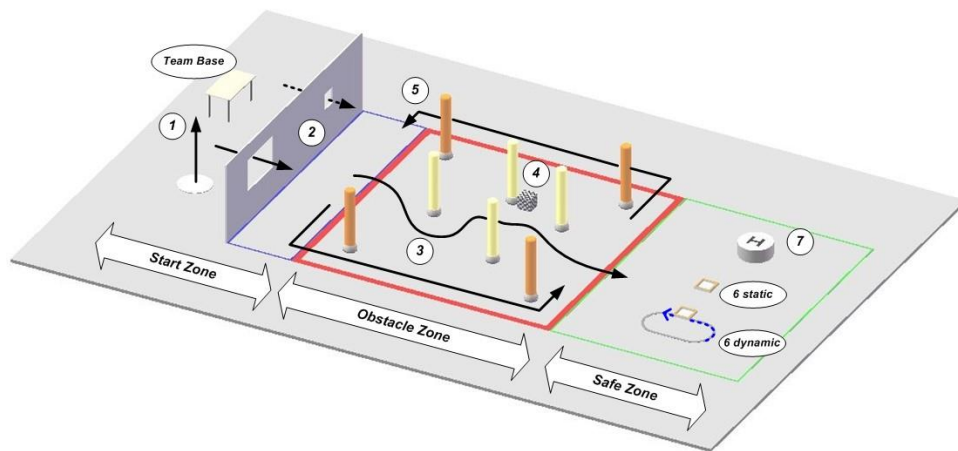


Figura 2.14.2. Struttura arena per la missione interna.

Le dimensioni più dettagliate sono rappresentate invece in Figura 2.14.3 e 2.14.4.

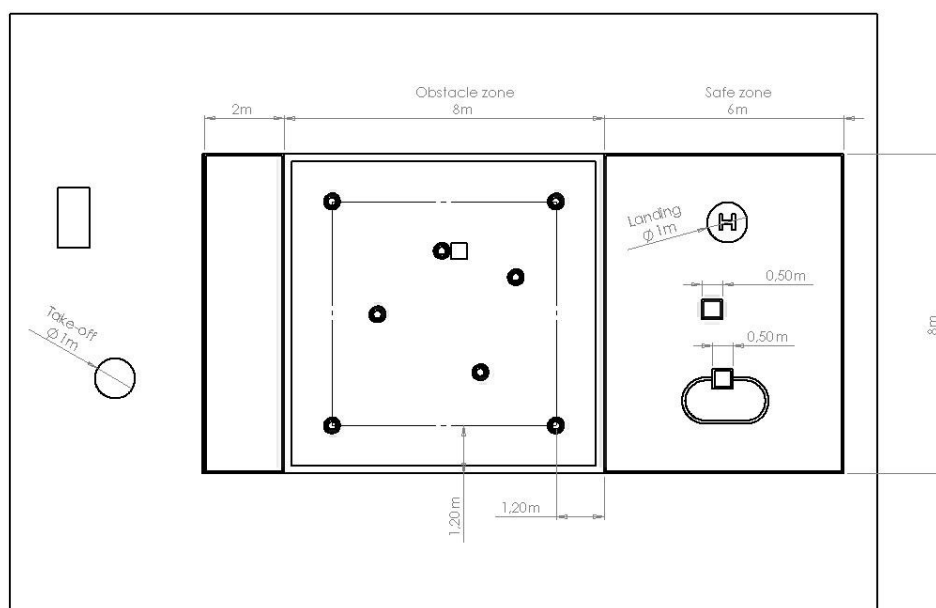


Figura 2.14.3. Dimensioni dell'area di volo per la missione interna.

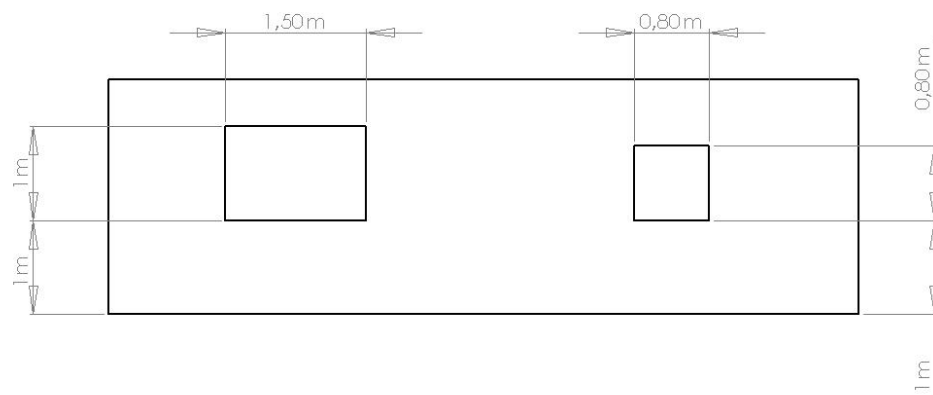


Figura 2.14.4. Dimensione muri per la missione interna.

La competizione esterna viene svolta nel campo d'aviazione di MuretLherm in Francia. Le dimensioni e la struttura dell'arena sono rappresentate in Figura 2.14.5 e 2.14.6.

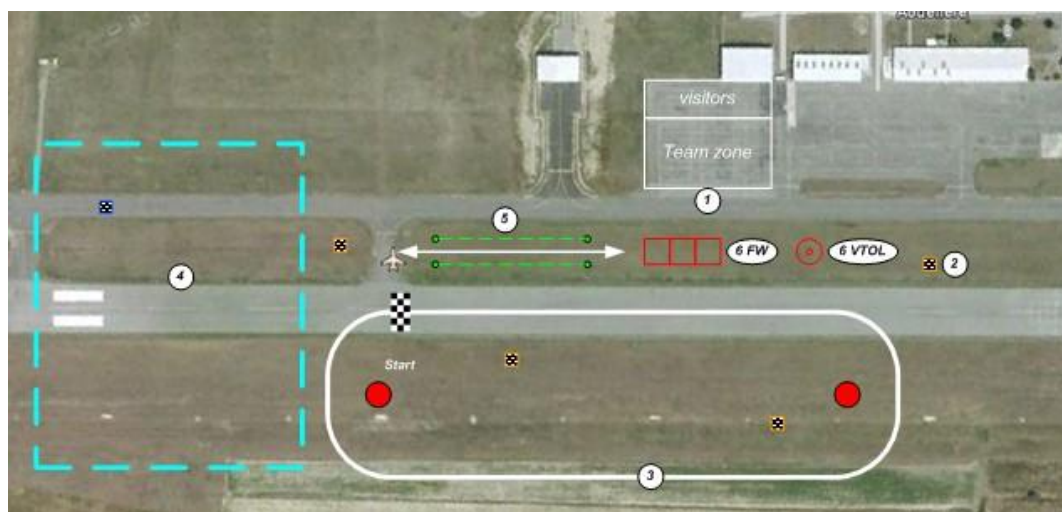


Figura 2.14.5. Struttura arena per la missione esterna.

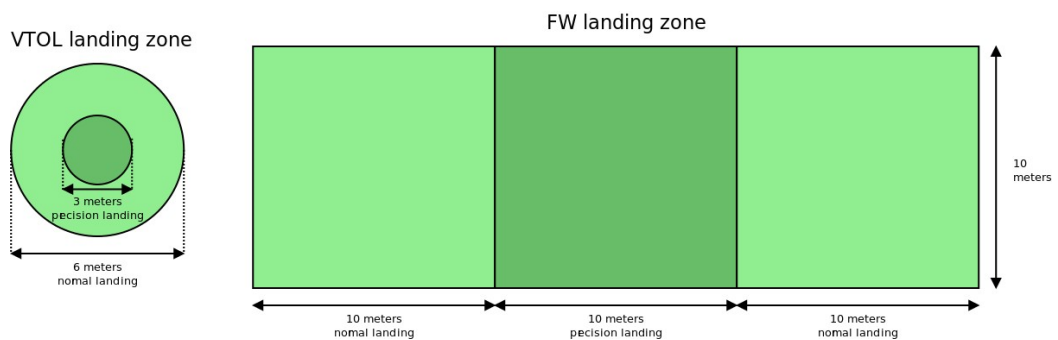


Figura 2.14.6. Zona di atterraggio per la missione esterna.

## SCENARIO

Una missione è composta da più elementi che possono essere eseguiti in qualsiasi ordine da uno o più MAV. Per ogni elemento della missione viene assegnato un punteggio al MAV che la esegue. Un velivolo può tentare di completare il compito tutte le volte che preferisce nel tempo concesso e verrà utilizzato solo il punteggio migliore per la valutazione finale. Il tempo massimo concesso è 15 minuti per la missione interna e 25 per quella esterna.

### Missione esterna

La missione esterna consiste nel far volare i MAV per eseguire diversi compiti che sono: la ricerca di un obiettivo, volare attraverso degli archi o intorno a due pali e far cadere una pallina in una zona specifica. Un punto chiave per questa missione è l'uso di più MAV per poter eseguire in parallelo le diverse attività. I compiti della missione esterna sono rappresentati in Figura 2.14.5 e descritti nel dettaglio di seguito:

1. Decollo automatico
  - a. Un decollo è considerato automatico se il pilota non trasmette nessun comando.
  - b. Il MAV può essere lanciato a mano.

- c. I punti sono assegnati per ogni MAV che effettua almeno un altro compito della missione durante il volo ad eccezione dell'atterraggio di precisione.
2. Zone di rilascio della palla
    - a. Ci sono 4 aree di rilascio sparse per la zona di volo.
    - b. Il centro dell'area di rilascio è segnato con un QRCode (Figura 2.14.7)
    - c. I punti sono assegnati in base alla distanza che c'è tra la pallina rilasciata e il centro dell'area.
    - d. Le coordinate GPS del centro vengono date prima del volo
    - e. Tutte le coordinate sono esatte tranne una che potrebbe essere fino a 20 metri distante dalle coordinate GPS.
  3. Performance di volo
    - a. Eseguire più giri possibili volando intorno ai due pali
    - b. Il giro comincia quando si attraversa la linea di "Start" e solo i giri completi vengono considerati per il punteggio finale.
    - c. Il MAV deve atterrare prima della fine della missione.
    - d. La quota di volo è limitata solo dai confini dell'area di volo.
  4. Riconoscimento e rilevazione di obiettivi
    - a. Il MAV deve cercare e leggere un punto di riferimento all'interno della zona di volo.
    - b. I punti di riferimento sono rappresentati con un numero leggibile e un QRCode.
  5. Corridoio urbano
    - a. Volare attraverso due archi senza uscire dal corridoio.
  6. Atterraggio di precisione
    - a. Un atterraggio viene considerato come uno dei seguenti: atterraggio su campo, atterraggio normale o atterraggio di precisione.

- b. La dimensione e il luogo di ognuna di queste zone di atterraggio (normale e precisione) dipende dal tipo di MAV.



*Figura 2.14.7. QRCode nella zona di rilascio.*

#### Missione interna

La missione interna consiste nel far volare il MAV attraverso una finestra e in prossimità di ostacoli. Evitare gli ostacoli è un punto chiave di questa missione. I compiti della missione interna sono:

1. Decollo e sorvolamento
  - a. Il decollo viene eseguito dalla zona di partenza.
  - b. Dopo il decollo il MAV deve sorvolare per almeno 5 minuti la zona di atterraggio.
  - c. I punti sono assegnati per ogni MAV che effettua almeno un altro compito della missione durante il volo ad accezione dell'atterraggio di precisione.
2. Volare attraverso la finestra

- a. Il MAV deve volare attraverso una delle due finestre (di diverse dimensioni) su un muro (Figura 2.14.8). Il punteggio più alto viene assegnato se si attraversa la finestra più piccola.
3. Volare attraverso l'area ostacoli
  - a. Diversi pali sono posizionati nella zona ostacoli. Il MAV deve attraversare l'area e raggiungere la zona sicura sull'altro lato.
  - b. Quattro pali fissi segnano gli angoli della zona ostacoli, mentre gli altri sono posizionati a caso.
  - c. Se il MAV vola sopra i pali e non attraverso deve ripartire dalla partenza.
7. Riconoscimento e rilevazione di obiettivi
  - a. Un bersaglio è posizionato nella zona ostacoli vicino a un palo.
  - b. Il compito è di trovare l'obiettivo e leggere il simbolo sul palo vicino a esso.
  - c. Due simboli sono posizionati su ogni palo: un numero leggibile e un QRCode.
4. Seguire un percorso
  - a. Il percorso indicato gira intorno ai 4 pali fissi che segnano la zona ostacoli.
  - b. Il punteggio dipende dal numero di giri completati volando lungo il percorso.
5. Zone di rilascio della palla
  - a. Una zona di rilascio statica e una in movimento vengono inserite nella zona sicura (Figura 2.14.9).
  - b. Ogni zona è segnata con un QRCode.
  - c. Può essere rilasciata una sola volta la palla nella zona statica, mentre più volte possibile in quella mobile.
6. Atterraggio di precisione
  - a. Il MAV deve eseguire un atterraggio di precisione su una piccola piattaforma.



Figura 2.14.8. Muro con le due finestre per la missione interna.

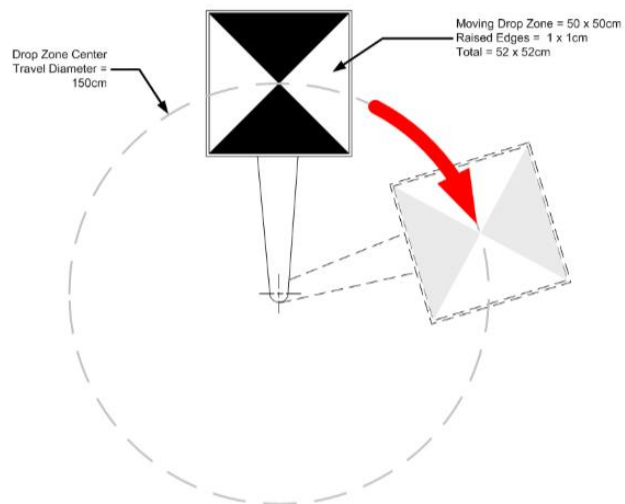


Figura 2.14.9. Zona di rilascio statica e dinamica per la missione interna.



### 2.14.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre

#### GESTIONE TURNI

L'ordine delle squadre viene deciso a caso la mattina del giorno della gara. Pertanto tutte le squadre devono essere pronte per volare in qualsiasi momento.

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

I premi che vengono assegnati durante la competizione IMAV sono 4:

1. Autonomia e svolgimento della missione esterna.
2. Autonomia e svolgimento della missione interna.
3. Premio speciale della giuria per il MAV più innovativo. Il premio è riconosciuto alla squadra con il più alto livello di innovazione degli elementi del sistema, quindi per esempio con autopilota hardware o software e controllo del carico.
4. Premio speciale per il MAV più innovativo in termini di progettazione (MAV aerodinamico o di innovazione meccanica). Le squadre con un design innovativo che non sono in grado di partecipare alle missioni possono comunque presentare i MAV per questo premio.

Il punteggio finale dipende dal successo delle missioni ( $M$ = compiti eseguiti con successo), dal livello di autonomia per ogni missione ( $A$ ), la dimensione del MAV ( $S$ ), una presentazione fatta dalla squadra durante la missione ( $P$ ) e il fattore di funzionamento del sistema ( $O$ ).

L'obiettivo della presentazione  $P$  è di rendere la manifestazione di ogni squadra più vivace e accessibile al pubblico

Vengono calcolati 2 punteggi con le seguenti formule:

- Autonomia: Punteggio totale =  $\text{Sum}_{\text{each MAV}}(M \times A \times S) \times P$
- Operatività: Punteggio totale =  $O \times \text{Sum}_{\text{each MAV}}(M \times S) \times P$

## CLASSIFICA 2013

La classifica IMAV 2013 con i relativi punteggi relativi all'autonomia e l'operatività dei robot per la missione all'aperto è la seguente:

1. MavLab, TU Delft (Operatività: 203.3, Autonomia: 152.5).
2. Azarakhsh, Isfahan University of Technology (Operatività: 4.3, Autonomia: 52.1).
3. AUTMAV, Amirkabir University of Technology (Operatività: 3.4, Autonomia: 41.6).
4. MIPTeam, Moscow Institute of Physics and Technology (Operatività: 2.7, Autonomia: 32.8).
5. MRL, Qazvin Islamic Azad University (Operatività: 2, Autonomia: 6).
6. Cygognes, INSA Strasbourg (Operatività: 0.4, Autonomia: 1.6).

I punteggi relativi all'operatività per la missione interna sono:

1. MavLab, TU Delft (44.3).
2. High Flyers, Silesian University of Technology (37.1).
3. Mav Lab IIT Bombay, IIT Bombay (20).
4. CVG-UPM, Universidad Politecnica de Madrid (17.5).
5. MRL, Qazvin Islamic Azad University (9.6).
6. AUTMAV, Amirkabir University of Technology (7.2).

Invece i punteggi relativi all'autonomia per la missione interna sono:

7. CVG-UPM, Universidad Politecnica de Madrid (195.1).
8. High Flyers, Silesian University of Technology (162.2).
9. MavLab, TU Delft (86.4).
10. MRL, Qazvin Islamic Azad University (40.3).
11. Mav Lab IIT Bombay, IIT Bombay (20).

12. AUTMAV, Amirkabir University of Technology (14.5).

Il premio speciale per il sistema più innovativo è stato consegnato a:

**Maverix, RWTH Aachen Institute of Flight System Dynamics.**

Il premio speciale per il design più innovativo è stato consegnato a:

**NWPU, Northwestern Politecnica University.**

## **2.15 International Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition (IMAV) 2014**

La competizione IMAV del 2014 ha le stesse caratteristiche della 2013, ma è unica in quanto presenta per la prima volta una sfida che integra entrambe le missioni all'aperto e al chiuso in una sola. La competizione presenta elementi che includono compiti come la sorveglianza, il riconoscimento, la resistenza e il funzionamento multi-UAV.

### **2.15.1 Specifiche sui robot**

#### **STRUTTURA**

La dimensione massima di un MAV è di 150 cm. Va notato però che i velivoli sopra i 100 cm hanno dei grandi svantaggi nel sistema di calcolo punteggi. Per il resto delle specifiche coincidono con quelle già indicate per la competizione IMAV 2013. Un esempio di MAV è rappresentato in Figura 2.14.1.

#### **ATTUATORI**

Il veicolo devono avere una struttura aerodinamica ed essere in grado di volare.

#### **SENSORI**

I robot possono essere attrezzati con qualsiasi tipo di sensore.

#### **COMUNICAZIONE**

Può essere richiesto che i robot siano equipaggiati con un sistema di comunicazione wireless di qualche tipo.

## **2.15.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

### STRUTTURA

La competizione si svolge nel villaggio di Oostdorp in Olanda (Figura 2.15.1). Maggiori dettagli sulla struttura dell'area della competizione vengono spiegate direttamente insieme alle missioni nella Sezione scenario.

### SCENARIO

Una grave catastrofe naturale si è verificata nella regione circostante Oostdorp [52]. Le squadre devono arrivare al centro locale di Comando e controllo (LCC) che è istituito vicino al villaggio. La situazione del paese è sconosciuta e le squadre devono eseguire una serie di attività critiche per garantire che i servizi di emergenza possano essere funzionanti nelle prossime ore. La missione include i compiti:

- A. Creare una mappa dettagliata dell'area di Oostdorp indicando quali strade sono ancora disponibili e quali sono bloccate.
- B. Eseguire una scansione iniziale casa-per-casa alla ricerca di sopravvissuti.
- C. Eseguire una scansione visiva dettagliata degli interni di un edificio che è già noto per contenere molti feriti.
- D. Osservare uno degli edifici che è potenzialmente pericoloso per i servizi di emergenza.
- E. Atterrare correttamente su un indicatore.

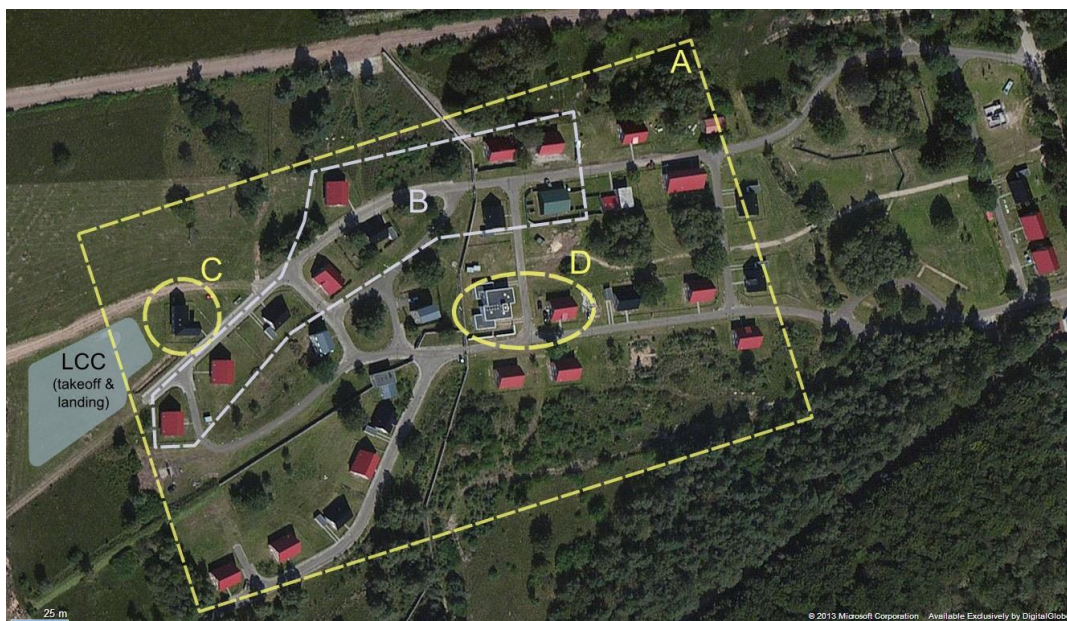


Figura 2.15.1. Villaggio di Oostdorp con l'area delle missioni per la sfida IMAV 2014.

Il primo compito della competizione è il decollo.

- Compito 1: Lancio del MAV. I punti vengono assegnati per ogni velivolo che decolla dalla piattaforma di partenza ed esegue almeno un altro compito a parte l'atterraggio.

A. Creare una mappa fotografica del villaggio

L'obiettivo di questo compito è quello di creare una mappa dettagliata del paese di Oostdorp e utilizzarla per presentare le informazioni sulla situazione attuale alle squadre del pronto intervento.

- Compito 2: Creare una mappa fotografica. Più è alto il livello di qualità della mappa e più sarà alto il punteggio.
- Compito 3: Creare una mappa a blocchi. Per ogni blocco indicato correttamente sulla mappa vengono assegnati dei punti.

## B. Scansione degli edifici

Lo scopo di questa missione è di fare un'ispezione accurata degli edifici in cerca di sopravvissuti.

- Compito 4: Rapida ispezione visiva. Ogni edificio è numerato e i punteggi vengono assegnati in base al corretto riconoscimento di questi numeri.
- Compito 5: Ispezione dettagliata. In alcune case si può entrare solo attraverso una finestra o una porta. Il punti sono assegnati se si entra correttamente e viene segnalato il giusto numero di sopravvissuti. Non tutte le porte e finestre sono aperte, quindi è compito del team capire da quali è possibile accedere.

## C. Ispezione della costruzione

Lo scopo di questa missione è quello di creare una panoramica delle camere di un edificio (Figura 2.15.2) con tutto il loro contenuto. La costruzione in questione è rappresentata in Figura 2.15.1 come "C".

- Compito 6: I punti vengono assegnati per ogni stanza visitata.
- Compito 7: I punti vengono assegnati per ogni oggetto correttamente identificato che si trova nella stanza. Le squadre ricevono una mappa dell'edificio del primo e secondo piano in cui i membri dovranno scrivere i nomi degli oggetti identificati e la loro posizione.



*Figura 2.15.2. Foto interna dell'edificio da ispezionare per la prova C.*

#### D. Osservare l'edificio

Lo scopo di questa missione è quello di osservare l'edificio per un lungo periodo. Gli edifici sono indicati nella Figura 2.15.1 con la lettera "D".

- **Compito 8:** Atterrare sul tetto di un edificio rappresentato in Figura 2.15.3. I punti vengono assegnati se l'atterraggio avviene con successo. Il MAV deve rimanere sul piano per almeno 10 secondi e deve essere in grado di decollare di nuovo.
- **Compito 9:** Osservare il pannello. Appariranno una sequenza di cifre su un grande pannello posizionato in una finestra del primo piano di un palazzo a ovest del tetto. I numeri cambiano a una velocità di 30 secondi per cifra. In totale risulterà una sequenza di 60 cifre per il tempo totale della missione (30 minuti). Più è lunga la sequenza corretta che viene riportata dalla squadra e più sono i punti assegnati.

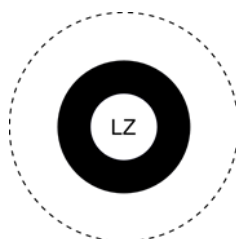




*Figura 2.15.3. Edificio con il tetto piano per la prova D.*

#### E. Atterraggio di precisione

- Compito 10: atterraggio. La zona di atterraggio è indicata da un grande foglio circolare (Figura 2.15.4) ed è uguale per tutti i tipi di MAV. Un atterraggio può essere classificato come un atterraggio su campo (0 punti), un atterraggio regolare all'interno del cerchio grande (1 punto) e come un atterraggio di precisione dentro il cerchio più piccolo (2 punti).



*Figura 2.15.4. Indicatore della zona di atterraggio per la prova E.*

### 2.15.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre

#### GESTIONE TURNI

L'ordine delle squadre viene deciso a caso la mattina del giorno della gara. Pertanto tutte le squadre devono essere pronte per volare in qualsiasi momento.

#### DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

La formula per il calcolo del punteggio totale è:

$$S_{total} = \sum_{n=1}^N \left( A_n \cdot M_n \cdot \left( 2 - \frac{L_n}{L_{max}} \right)^k \right)$$

Dove:

$n$  è il numero di missione,  $A_n$  è il livello di autonomia del MAV per la missione  $n$ ,  $M_n$  è il numero di punti totalizzato per la missione  $n$ ,  $L_n$  è la dimensione del MAV più grande che ha eseguito la missione  $n$ ,  $L_{max}$  è 100cm,  $k$  è settato a 2.

#### CLASSIFICA 2014

La classifica con i relativi punteggi e tutti i progressi delle squadre è indicata nella Tabella 2.15.1.

<i>Classifica</i>	<i>Punteggio</i>	<i>Nome squadra</i>	<i>Nazionalità</i>	<i>Progressi</i>
1	683	National University of Singapore	Singapore	Riconoscimento automatico di bordi, confini, numeri. Navigazione autonoma delle stanze basata su laser scan. Computer vision per atterraggi di precisione sui tetti, atterraggio e decollo autonomi. Riconoscimento automatico di sequenze fino a 7

				caratteri. Staffetta automatica tra wifi disponibili
2	425	Team Dipole	Germany	Più piccolo MAV della competizione. Eccezionale FVP con diversi strumenti per atterraggi e decolli di precisione. Ha visitato 18 stanze chiuse e riconosciuto correttamente 16 oggetti. Fotocamera di precisione.
3	189	Ecole Nationale de l'Aviation Civile	France	Decollo autonomo e atterraggio di precisione. Miglior invio di foto, tutti i blocchi sono visibili. Mappatura completa del villaggio. Atterraggio autonomo sul tetto. Riconoscimento della stringa più lunga, riconoscimento dei numeri civici.
4	161	High Flyers	Poland	Invio di foto autonomo. Rilevamento automatico degli ostacoli durante il volo. Atterraggi di precisione e decollo autonomo. Video di volo in alcune stanze chiuse ma con molti incidenti e aiuto da parte dell'uomo.
5	148	AUTMAV	Iran	Atterraggio e decollo sul tetto. Riconoscimento dei numeri civici.
6	108	AKAMAV	Germany	Atterraggio e decollo autonomi. Riconoscimento dei numeri civici. Mappatura del villaggio. Invio automatico di foto. Riconoscimento di un blocco.
7	100	Manchester	UK	Atterraggio e decollo autonomi, flusso di invio foto automatico, mappatura minima del villaggio, riconoscimento di un blocco
8	79	EMC+	Iran	Atterraggio e decollo autonomi anche sul tetto, riconoscimento dei numeri civici, ispezione di 2 stanze.
9	39	MRL	Iran	Atterraggio e decollo autonomi anche sul tetto, flusso di invio foto

10	20	ARIO	Iran	automatico, errori nei bordi della mappa
				Decollo autonomo, invio foto automatico, necessarie molte istruzioni manuali durante il volo.

*Tabella 2.15.1. Classifica della competizione IMAV 2014.*

(\*) Elemento tentato, ma ha fallito, avuto necessità di un intervento manuale oppure non ha rispettato le regole della competizione.

(\*\*) Elemento tentato in modalità autonoma, ma è stato necessario l'intervento umano.

## 2.16 Rat's life

Rat's life è un gioco di sopravvivenza in cui due robot avversari si battono tra loro per le risorse in un labirinto sconosciuto. Questa competizione è un punto di riferimento per la robotica cognitiva. È stato progettato per poter essere semplicemente riprodotto in un laboratorio con risorse limitate. La configurazione si basa su due robot e-Puck, qualche mattoncino LEGO e il setup di simulazione sul software di simulazione del robot Webot.

### 2.16.1 Specifiche sui robot

#### STRUTTURA

Il robot e-Puck rappresentato in Figura 2.16.1 è piccolo 7 cm, ha 2 ruote, è open-hardware e il software a bordo è open-source [55]. Un approccio particolare consiste nell'utilizzare Aseba [54], una macchina virtuale installata sull'e-Puck basata sugli eventi per il controllo di robot mobili.



Figura 2.16.1. E-puck robot.

## ATTUATORI

I robot ha due ruote.

## SENSORI

I sensori dell'e-Puck sono:

- Fotocamera CMOS: camera a colori con una risoluzione massima di 640x480.
- Sensore di prossimità IR: 8 sensori infrarossi che misurano la luce ambientale e la prossimità degli ostacoli in un raggio di 4 cm.
- Microfoni: 3 microfoni omnidirezionali per la localizzazione del suono.
- Accelerometro: accelerometro 3D lungo gli assi X, Y e Z.

## COMUNICAZIONE

E-Puck può comunicare attraverso:

- Telecomando: LED infrarossi per la ricezione di comandi di controllo a distanza.
- Bluetooth: per la comunicazione wireless robot-computer e robot-robot.

Altoparlante: altoparlante di bordo in grado di riprodurre file WAV o segnali acustici.

### **2.16.2 Specifiche sull'ambiente e scenario**

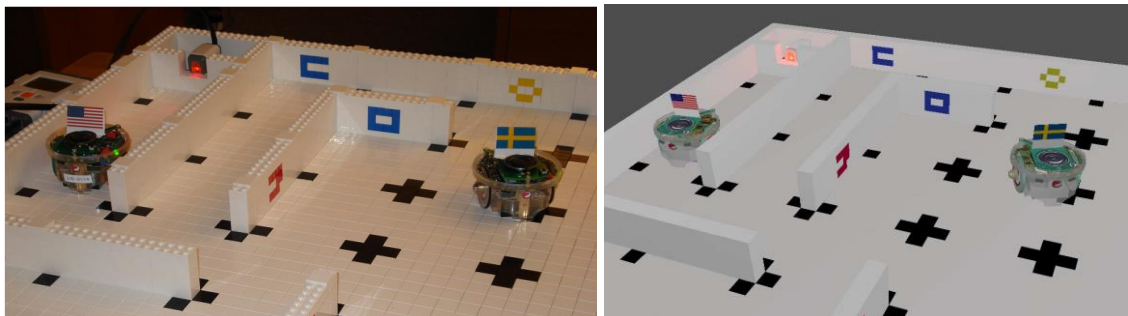
#### STRUTTURA

I mattoncini LEGO sono utilizzati per creare un ambiente per il robot e-Puck. Questo ambiente è in realtà un labirinto che contiene dispositivi di "alimentazione" (chiamati *feeder*) e segni visivi color mattone [53].

Il labirinto è così strutturato (Figura 2.16.2):

- E' formato da 10x10 celle quadrate circondate da un muro esterno.
- Un muro interno può dividere due celle vicine.

- Le pareti sono bianche e circondate da due intervalli grigi.
- I muri interni sono posizionati in funzione dell’algoritmo Randomized Prim’s: questo implica che ogni cella è accessibile da ogni altra cella.
- Una volta applicato l’algoritmo vengono rimosse il 20% delle pareti per creare più percorsi tra le celle.
- Il labirinto contiene 4 feeder.
- I feeder sono posizionati a caso nel labirinto ma solo sulle celle che hanno 3 pareti.
- Viene disegnato un punto di riferimento sul muro che rappresenta una matrice di 4x3 pixel. Può essere di colore rosso, verde, blu o giallo.
- Un segno viene posizionato su ogni lato delle pareti.
- Tutti i mattoncini sul pavimento sono bianchi tranne quelli intorno alle mura che sono neri.



*Figura 2.16.2. Il labirinto Rat’s Life: sulla destra quello reale mentre sulla sinistra la versione simulata.*

## SCENARIO

Rat’s life è un gioco di sopravvivenza in cui due robot si affrontano in un labirinto con l’obiettivo di recuperare le fonti di alimentazione prima dell’altro [56]. Gli e-Puck cercano i feeder che consentono a loro di “vivere” più a lungo rispetto gli avversari. Una volta che un feeder è stato raggiunto da un robot, esso ne trae energia e il feeder

per un po' rimane non disponibile. Il robot deve quindi esplorare ulteriormente il labirinto alla ricerca di altre fonti di alimentazione, cercando di ricordarsi il percorso per raggiungere quelli che ha già trovato. Il ciclo di alimentazione segue queste regole:

- Un e-Puck ha tra 0 e 200 unità di energia.
- All'inizio della competizione il robot dispone di 200 unità.
- Il primo robot con 0 unità di energia perde la partita.
- Un feeder ha tra 0 e 100 unità di energia.
- All'inizio della partita un alimentatore dispone di 100 unità.

Quando un feeder ha 100 unità di energia e un e-Puck si posiziona davanti ad esso, l'energia del robot diventa il valore minimo tra 100 e l'energia dell'e-Puck, e l'energia dell'alimentatore scende a 0. La partita è terminata quando un robot ha 0 energia e di conseguenza l'avversario è dichiarato vincitore.

### **2.16.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre**

#### **GESTIONE TURNI**

Viene svolta almeno una sfida per settimana. Un round è organizzato nel modo seguente:

Se  $n$  giocatori sono presenti nell'albo d'oro,  $N-1$  partite saranno realizzate durante un round. Nella prima partita si opporranno il giocatore che appare in fondo all'albo d'oro ( $\#N$ ) e quello appena sopra ( $\#N-1$ ). Se il giocatore  $\#N$  vince, le posizioni nell'albo d'oro di questi due giocatori si scambiano. Il secondo match vedrà scontrarsi il nuovo  $\#N-1$  con il giocatore  $\#N-2$ . Se il giocatore  $\#N-1$  vince, essi si scambiano posizione. La stessa procedura viene ripetuta per tutte le altre posizioni fino alla  $\#2$  e la  $\#1$ .

















## DISTRIBUZIONE PUNTEGGI

Il primo robot a corto di energia smetterà di funzionare e l'altro sarà dichiarato vincitore.

## CLASSIFICA 2011

L'albo d'oro aggiornato all'ultima competizione del 2011, 28 Giugno è rappresentato nella Tabella 2.16.1.

Media classifica (negli ultimi 10 round)	Ultima posizione	Nazionalità	Bandiera	Nome del topo	Autore
1.2	1			Ratatouille	Manuel
2.3	2			Ratchou	Xavier
3.3	4			Creeper	Jason Houchin
3.6	3			Tony	Anthony Morse
5.8	7			Robert	Robert Egan
6	5			Mwaskett	Matt Waskett
6.1	8			MFreeland	Matthew Freeland








8	6			Akumar	Akash Kumar
9.4	11			Nau	Nathan Au
10.8	12			Graves	Stuart
10.8	9			sumit	Sumit Pyakurel
11.1	10			dmarchant brook	Dominick Marchant-Brook

Tabella 2.16.1. Classifica della competizione RatsLife 2014.

## **2.17 AAI Mobile Robot Competition 2007 Semantic Robot Vision Challenge**

In questa competizione viene fornita ai robot una lista di oggetti che devono riuscire a riconoscere e localizzare. Per determinare come appaiono questi oggetti, ai robot viene data la possibilità di cercare sul web immagini relative alla lista in questione prima di cominciare la ricerca. Questa competizione ha lo scopo di cercare di fondere la robotica con la ricerca visiva. I team possono partecipare sia alla Robot League che alla Software League, i dettagli di queste competizioni verranno spiegati nel seguito.

### **2.17.1 Specifiche sui robot**

#### **STRUTTURA**

Nella Robot League le squadre possono portare tutto l'hardware e il software di cui hanno bisogno per la competizione (robot, portatili, camere, altri sensori ecc.). I robot, in termini di dimensioni, dovrebbero essere realizzati considerando che gli oggetti possono trovarsi a diverse posizioni e altezze, quindi dovrebbero essere flessibili e poco ingombranti. Un esempio di robot partecipante si può analizzare nella Figura 2.17.3.

Nella Software League le squadre possono portare solo i loro computer perché i robot che raccolgono le immagini sono gestiti dal comitato organizzativo.

#### **ATTUATORI**

I robot possono essere attrezzati con qualsiasi tipo di attuatore.

#### **SENSORI**

Nella robot League i robot devono essere provvisti di camera.

## COMUNICAZIONE

I robot possono essere equipaggiati con qualsiasi sistema di comunicazione.

### 2.17.2 Specifiche sull'ambiente e scenario

#### STRUTTURA

L'arena utilizzata per la competizione è una stanza riempita da 20 oggetti scelti a caso tra quelli di routine quotidiana, come si vede in Figura 2.17.1.



*Figura 2.17.1. Arena popolata da 20 oggetti per la competizione del 2007.*

Questi oggetti sono posizionati all'interno dell'arena con lo stesso criterio in cui si troverebbero nella vita normale di tutti i giorni. Le regole utilizzate per scegliere e collocare gli oggetti sono:

- Almeno un insieme di elementi deve essere recuperato da fonti locali come un supermercato, un ufficio e case di colleghi. Gli oggetti troppo ingombranti (più grandi di un tavolo) o troppo piccoli (come una caramella) non vengono considerati.
- Per ogni oggetto viene verificato che esista prima un'immagine adeguata su internet.
- L'oggetto deve essere posizionato nell'arena seguendo almeno parzialmente un contesto.

## SCENARIO

La competizione è composta da 2 fasi: la fase pratica e quella finale [57]. Solo i risultati ottenuti nella fase finale saranno considerati per il punteggio. Ai robot verrà fornita una lista testuale con degli oggetti fisici che dovranno trovare nell'ambiente. Viene fornita una struttura corta dei nomi scritti nella lista: per esempio, se una penna è l'elemento da trovare, il nome segnato potrebbe essere "penna", oppure "penna blu" o ancora "penna a sfera blu".

Gli oggetti con dei titoli specifici, come per esempio film, libri o musica sono preceduti dal nome "libro", "DVD" o "CD" seguito poi dal titolo e potenzialmente dall'autore. Il formato di questi nomi è lasciato deliberatamente ambiguo. Una volta che la lista è stata scaricata nel robot tramite una chiavetta USB, essi vengono connessi a Internet e viene data loro un'ora di tempo dove in autonomia possono ricercare degli esempi visivi (immagini, principalmente) degli oggetti scritti nell'elenco. I membri della squadra non possono interagire in nessun modo con l'hardware del robot dopo che gli è stata fornita la lista degli oggetti da trovare. Dopo l'ora fornita i robot sono disconnessi da internet e posizionati all'interno dell'arena.

Da qui hanno 15 minuti per cercare in completa autonomia nell'ambiente più oggetti sulla lista che riescono a trovare. Scaduto il tempo i robot vengono rimossi dall'arena e gli vengono dati 15 minuti aggiuntivi per processare i dati raccolti. Infine devono generare degli delle immagini come output dove ogni immagine è etichettata con il nome dell'oggetto in questione. Le squadre possono partecipare sia alla Robot League che alla Software League.

Nella Robot League i team raccolgono le immagini con i loro robot e le camere.

Nella Software League invece gli organizzatori mandano un robot nell'arena a raccogliere immagini in maniera pseudo-casuale. Queste immagini vengono poi date fornite alle squadre come dati ufficiali che le elaboreranno con il loro software per riconoscere all'interno gli oggetti in questione presenti sulla lista.

### **2.17.3 Distribuzione dei punteggi e gestione turni squadre**

#### **GESTIONE TURNI**

La sfida è gestita con un torneo. Ci sarà una fase preliminare dove le squadre verranno assegnate a un gruppo, il cui numero viene deciso dal comitato organizzativo; ogni squadra dovrà giocare una volta contro tutte quelle del proprio gruppo, guadagnando punti in funzione delle vittorie/sconfitte/pareggi. Le migliori otto squadre per ogni gruppo verranno promosse ai playoff, composti da quarti di finale, semifinali e finale. Ogni turno è deciso da una singola partita.

#### **DISTRIBUZIONE PUNTEGGI**

Quando ogni squadra ha terminato di processare le informazioni raccolte, le immagini vengono consegnate agli organizzatori per calcolare i punteggi. Ogni immagine deve avere un'etichetta con il nome e un rettangolo disegnato intorno all'oggetto nella lista. Gli organizzatori esaminano ogni immagine e disegnano un rettangolo intorno

all'oggetto fotografato. Il punteggio viene poi calcolato in base all'intersezione del rettangolo dell'organizzatore e quello della squadra. Il massimo punteggio viene assegnato nel caso in cui la sovrapposizione dei 2 rettangoli sia perfetta. Alcune immagini d'esempio di squadre con alti punteggi sono rappresentate in Figura 2.17.2.

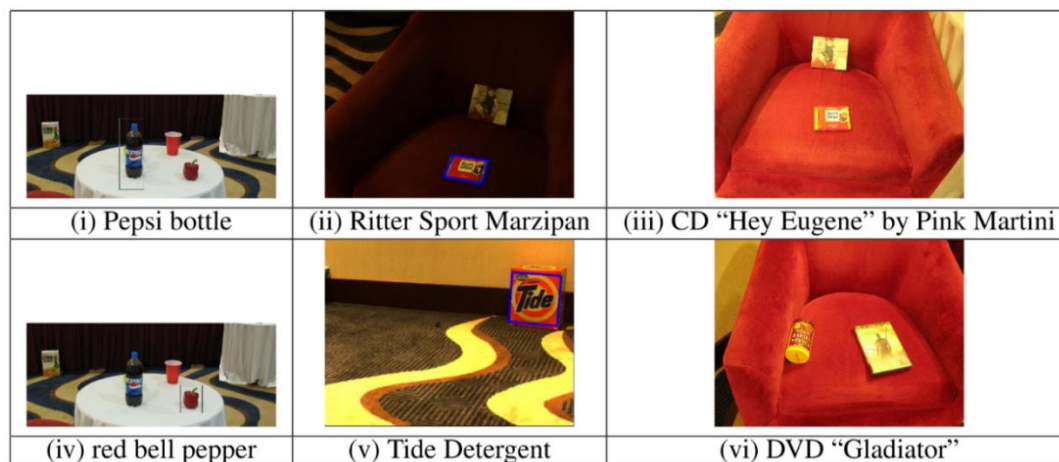


Figura 2.17.2. Diverse immagini di punteggi massimi della competizione del 2007. L'immagine (i) e la (iv) sono dell'Università della British Columbia robot team (primo posto). L'immagine (ii) e (v) sono dell'Università di Maryland robot team (secondo posto). L'immagine (iii) e (vi) sono di UIUC-Princeton che ha partecipato solo alla competizione software (primo posto).

## CLASSIFICA 2007

La classifica dettagliata del 2007 della Robot league è rappresentata dalla Tabella 2.17.1.

Classifica		Punti totali	Immagini consegnate	Oggetti trovati (con intersezione non-zero)
1	University of British Columbia (Figura 2.17.3)	3	15	7
2	University of Maryland (Figura 2.17.4)	6	2	2

3	Kansas State University (Figura 2.17.5)	0	3	0
---	---	---	---	---

Tabella 2.17.1. Classifica finale MSL 2014.

Mentre la classifica per la competizione esclusivamente software è rappresentata dalla Tabella 2.17.2.

Classifica		Punti totali	Immagini consegnate	Oggetti trovati (con intersezione non-zero)
1	Princeton-UIUC	5	10	7
2	Kansas State University	0	2	2

Tabella 2.17.2. Classifica della competizione Software-only league del 2007.



Figura 2.17.3. Robot della squadra dell'University of British Columbia.





*Figura 2.17.4. Robot della squadra dell'University of Maryland.*



*Figura 2.17.5. Robot della squadra del Kansas State University.*



## Capitolo 3

### Discussione

In questo Capitolo verranno analizzate criticamente le competizioni trattate nel Capitolo 2 e verranno discusse le possibili relazioni tra di esse e un esperimento scientifico.

Come si è discusso precedentemente, una competizione tra robot è composta normalmente dai seguenti elementi:

- alcuni robot (nel nostro caso autonomi),
- un ambiente dinamico, ma in gran parte controllato,
- chiare misure di successo o fallimento del compito assegnato.

Per poter impiegare le competizioni come un esperimento, è necessario adottare un approccio scientifico [2]. Esistono delle differenze principali tra le due categorie. Le competizioni sono organizzate per produrre una classifica in uno specifico momento, mentre un esperimento scientifico è finalizzato a provare delle proprietà che potranno essere poi utilizzate come punto di partenza per delle ricerche successive. Gli esperimenti devono essere ripetibili, mentre le competizioni generalmente non possono essere ripetute nelle stesse identiche condizioni. Un esperimento dovrebbe essere riproducibile, mentre le specifiche delle competizioni, in alcuni casi, sono troppo vaghe per permettere l'esatta riproduzione dello scenario. Oltretutto le competizioni possono spingere in avanti lo sviluppo di nuove tecnologie, mentre gli esperimenti sono incentrati più sulla verifica delle ipotesi, condivisione dei risultati e sull'aumento della conoscenza.

Si può quindi dedurre che le fondamentali differenze tra esperimenti e competizioni siano sintetizzate nella Tabella 3.0 [2].

<b>Competizioni</b>	<b>Esperimenti</b>	
Impostazioni definite rigorosamente	Condizioni controllate	✓
Misura delle prestazioni: punteggio	Misure e criteri	✓
Valutazione di un intero sistema robotico in un ambiente dinamico	Valutare una singola capacità escludendo eventuali effetti di disturbo esterni al sistema	✗
Difficilmente ripetibile nelle stesse identiche condizioni	Ripetibile nelle stesse condizioni	✗

*Tabella 3.0. Differenze principali tra esperimento scientifico e competizioni robotiche.*

Anche se le competizioni robotiche non possono essere considerate come puri esperimenti scientifici, la loro miglior caratteristica può comunque portare un'innovazione nell'ambito della robotica.

Gli esperimenti nel campo dell'informatica possono essere classificati in cinque modi differenti, in ordine crescente di complessità come già spiegato nel Capitolo 1.

- Esperimento di fattibilità. Tipicamente il termine esperimento è utilizzato in questo caso con il significato di dimostrazione empirica, intesa come l'esistenza della prova dell'abilità di costruire uno strumento o un sistema.
- Esperimento di prova. Questo è un passo oltre l'esperimento precedente, in quanto richiede la valutazione dei vari aspetti di un sistema che utilizza alcune variabili predefinite, spesso misurate in laboratorio, ma anche in contesti reali di utilizzo.

- Esperimento sul campo. Simile all'esperimento di prova riguardo al valutare le prestazioni di un sistema rispetto ad alcune misure, ma si svolge al di fuori del laboratorio in contesti di utilizzo socio-tecnici complessi. Il sistema viene quindi testato in un ambiente reale e vengono misurate prestazioni, facilità d'uso o la robustezza.
- Esperimento di confronto. In questo caso l'esperimento si riferisce al confronto di diverse soluzioni con l'obiettivo di cercare la soluzione migliore per un problema specifico. In genere, il confronto è fatto in alcuni scenari e si basa su alcune misure e criteri per valutare le prestazioni.
- Esperimento controllato. Si riferisce all'idea originale di esperimento dove l'attività di controllare rigorosamente i fattori sotto valutazione (implementando principi sperimentali come la riproducibilità e la ripetibilità) è centrale, eliminando i fattori di disturbo e consentendo la generalizzazione e la previsione.

Nelle sezioni successive, verranno considerati alcuni aspetti delle competizioni robotiche in funzione delle specifiche tecniche e i requisiti che vengono richiesti ai robot partecipanti, della struttura dello scenario utilizzato, della gestione dei turni delle squadre e, infine, dei metri di giudizio e valutazione dei punteggi e classificazioni finali.

Tali analisi verranno poi utilizzate per approfondire la discussione sulla relazione tra gli esperimenti scientifici e le competizioni robotiche.

### **3.1 Discussione sulle specifiche dei robot**

In ogni competizione robotica esistono restrizioni sulla piattaforma robot da utilizzare. Questi limiti si differenziano totalmente da una sfida all'altra, ma nelle competizioni con scenari affini, essi sono più omogenei. In questa Sezione verranno raggruppate le

discussioni riguardo le specifiche dei robot per gruppi analoghi di competizioni. Sono stati distinti tre categorie di competizioni: competizioni calcistiche, competizioni con compiti complessi e rischiosi e competizioni di carattere funzionale. In aggiunta a questa classificazione, sono state estratte e commentate a parte anche tutte le competizioni che impongono una piattaforma robotica particolare.

Nelle competizioni calcistiche si analizzano tutte le cinque sfide della RoboCup Soccer. Nel secondo gruppo di competizioni sono incluse tutte quelle sfide che mettono in un contesto rischioso il robot, sono incluse infatti la DARPA Grand Challenge, l'EuRathlon, la RoboCup Rescue Robot e Simulation, IMAV 2013 e 2014 e infine l'Humanitarian Robotics and Automation Technology Challenge. Nel terzo gruppo vengono considerate invece le competizioni RoCKIn@Home, RatsLife, RoboCup@Home, RoboCup@Work e la Semantic Vision Challenge.

In ciascun gruppo saranno analizzati i limiti sulle dimensioni, sugli attuatori e sui sensori dei robot partecipanti. Invece, viene posta una particolare attenzione sul software per quanto riguarda le competizioni con una piattaforma robotica standard.

### **3.1.1 Confronto delle competizioni con piattaforme robotiche standard**

In alcune competizioni viene richiesto l'utilizzo di uno specifico robot. In questa eventualità, la struttura della piattaforma è standard e in nessun caso può essere modificata. L'attenzione per questo tipo di competizioni non viene quindi posta sulla realizzazione del robot in sé, ma sulla capacità della squadra di gestire e programmare lo strumento fornito.

<i>NOME COMPETIZIONE</i>	<i>ROBOT UTILIZZATO</i>
<i>EuRathlon</i>	SPARUS II
<i>HRATC</i>	Robot Clearpath Husky A2000

<i>RoboCup Soccer - SL</i>	3D: Robot Nao di Aldebaran renderizzato.
<i>RoboCup Soccer - SPL</i>	Nao di Aldebaran
<i>RoboCup Rescue – Rescue Simulation</i>	Robot P3AT, AirRobot e Kenaf
<i>RatsLife</i>	e-Puck

*Tabella 3.1.1. Competizioni robotiche che utilizzano una piattaforma standard nelle prove.*

Tra l'elenco delle competizioni analizzate in questo lavoro, solo quelle in Tabella 3.1.1 sono imposti limiti sul software da utilizzare. Nella RatsLife per esempio viene utilizzato Aseba, un insieme di strumenti che consente di programmare robot in un linguaggio con una sintassi simile al Pascal e Matlab. La RoboCup Rescue Simulation, essendo una sfida svolta in un ambiente completamente simulato, viene indirettamente imposto l'utilizzo del simulatore 3D USARSim. Nao, invece, è un robot distribuito con Choregraphe (un software di programmazione e di manipolazione specificamente sviluppato per il robot) compatibile con Microsoft Robotics Developer Studio. Nella versione simulata di Nao la partita viene giocata sul Soccer Server con un motore di simulazione SimSpark. Per quanto riguarda EuRathlon, invece, l'utilizzo del robot SPARUS II non è obbligatorio, infatti esso viene consegnato dal comitato solo a tre squadre che vengono ritenute appropriate. La competizione HRATC utilizza un robot Clearpath Husky A2000 che supporta l'utilizzo di drivers e Api: ROS, Gazebo, RViz, MoveIT! e un'interfaccia C++ [18].

### **3.1.2 Confronto delle competizioni calcistiche**

Nella Tabella 3.1.2 sono rappresentati in maniera riepilogativa i limiti e i requisiti che devono avere i robot partecipanti nelle competizioni calcistiche sugli attuatori, i sensori e le dimensioni.

<i>NOME</i>	<i>ATTUATORI</i>	<i>SENSORI</i>	<i>STRUTTURA GENERALE</i>
<i>MSL</i>	- Ruote - Meccanismo per manipolare la palla	Qualsiasi sensore che non manipoli l'ambiente.	Dimensioni max. 52x52x80 cm, altezza min. 40 cm, peso max. 40kg.
<i>SL</i>	<b>3D:</b> attuatori di Nao.  <b>2D:</b> nessuno.	<b>3D:</b> - GyroRatePerceptor - VisionPerceptor  - ForceResistancePerceptor - GameStatePerceptor - HearPerceptor - HingeJointPerceptor  <b>2D:</b> sensori virtuali visivi, acustici e fisici.	<b>3D:</b> Robot Nao di Aldebaran renderizzato.  <b>2D:</b> cerchio.
<i>F180</i>	Ruote o altri mezzi locomotori.	Sensori che possiedono le caratteristiche dei recettori sensoriali reali.	Larghezza max. 180mm, altezza max. 150 mm.
<i>SPL</i>	Attuatori di Nao.	Sensori di Nao.	Robot Nao.
<i>HL</i>	Gambe e piedi con sembianze umane.	Solo sensori simili a quelli umani.	Robot umanoide.  <b>KidSize</b> altezza compresa tra 40-90 cm.  <b>TeenSize</b> altezza compresa tra 80-140 cm.  <b>AdultSize:</b> altezza



compresa tra 130-180cm.
-------------------------

*Tabella 3.1.2. Competizioni calcistiche con limiti e requisiti sugli attuatori, sensori e dimensioni del robot partecipante.*

Le differenze sulle dimensioni sono evidenti per tutte le competizioni di RoboCup Soccer. Infatti esse si differenziano principalmente per la dimensione e il tipo di robot utilizzato. Come si vede in Tabella, per esempio, nella Middle Size League l'altezza dei robot non può superare i 40 cm, mentre nella Small Size League i 15 cm, ma la struttura dei robot è praticamente equivalente.

Tutti i robot nella Tabella 3.1.2 devono essere in grado di muoversi autonomamente per il campo e gestire la palla (calciarla, effettuare passaggi e fermarla). Oltre a quelli necessari, potrebbero tornare utili degli attuatori addizionali, come per esempio un dispositivo di dribbling per mantenere la palla in contatto con il robot. A riguardo però vengono imposti dei limiti: la spinta rotatoria esercitata sulla palla deve essere perpendicolare al piano del campo, mentre i dispositivi di dribbling verticali non sono ammessi.

Le squadre devono garantire che il robot sia in grado di gestire le proprietà tipiche dei dati sensoriali raccolti sul campo. I robot sono limitati ad essere equipaggiati con solo questo tipo di sensori e nessun altro.

### **3.1.3 Confronto delle competizioni rischiose**

Nella Tabella 3.1.3 sono rappresentate in maniera riepilogativa i limiti e i requisiti che devono avere i robot partecipanti nelle competizioni di questo gruppo sugli attuatori, i sensori e le dimensioni.

<i>NOME</i>	<i>ATTUATORI</i>	<i>SENSORI</i>	<i>STRUTTURA GENERALE</i>
<i>DRC</i>	- 2 gambe. - 2 braccia. - Testa. - Torso.	- 2 telecamere. - Radar.	x
<i>EuRathlon</i>	- Da 2 a 4 punti di sollevamento. - Propulsore.	- Sensore IMU. - Sensore di pressione. - GPS. - 2 DVL. - Antenna Wi-Fi.	Robot principalmente utilizzato: SPARUS II. AUV dimensioni max. 2x1x1 m, max. peso max. 90kg ROV 2x1,5x1,5 m, peso max. 120kg. USV 2,5x1,5x2 m, peso max. 90kg.
<i>RoboCup Rescue Robot</i>	Qualsiasi attuatore, tra cui obbligatoriamente uno per potersi muovere autonomamente	Qualsiasi sensore a bordo, tra cui almeno un telemetro laser e una telecamera di profondità.	Larghezza max. per passare dalle porte 1.20m.
<i>RoboCup Rescue Simulation</i>	x	- Sensori odometri. - INS. - Fotocamera. - Batteria. - Sonar. - Telemetro laser.	Robot utilizzati: Robot P3AT, AirRobot e Kenaf.
<i>IMAV 2013</i>	Attuatori che permettano l'aerodinamicità e che consentano al robot di librarsi in aria.	x	MAV ha dimensione max. 1 metro di apertura alare e un peso max. 2kg.
<i>IMAV 2014</i>	Attuatori che permettano l'aerodinamicità e che	x	MAV ha dimensione max. 1 metro di

HRATC	consentano al robot di librarsi in aria.		apertura alare e un peso max. 2kg.
	Robot Clearpath Husky A2000.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 telecamere GigE.</li> <li>- Telemetro laser SICK.</li> <li>- RTK GPS.</li> <li>- IMU.</li> <li>- Vallon VMP3 3-coil.</li> <li>- Metal detector.</li> </ul>	Struttura Husky.

*Tabella 3.1.3. Competizioni rischiose con limiti e requisiti sugli attuatori, sensori e dimensioni del robot partecipante.*

I limiti di dimensioni sono principalmente dettati da una causa pratica (passare attraverso le porte, manipolare oggetti di determinate dimensioni, ecc.). I limiti non sono imposti per non permettere vantaggi troppo elevanti ad alcuni robot, ma piuttosto il contrario. Nella RoboCup Rescue Robot per esempio i corridoi sono larghi 1,20 m con curve strette e robot troppo ingombranti subirebbero dei determinanti rallentamenti. Nella competizione IMAV, invece, nel calcolo dei punteggi finali viene tenuto in considerazione un fattore importante in funzione della dimensione del robot (penalizzante in caso di MAV superiore al metro, agevolante al contrario).

Nonostante questo genere di competizioni richiedano delle complesse abilità di movimento e di superamento di ostacoli, non vengono esplicitamente limitati o resi obbligatori certi tipi di attuatori. Ovviamente questo in conformità dello scenario per ogni specifica competizione: durante EuRathlon 2014, per esempio, un robot volante non avrebbe potuto eseguire nessuno dei compiti richiesti. Il robot deve quindi potersi adattare allo scenario in questione.

Addirittura, in alcune competizioni, in base al tipo di attuatori utilizzati vengono compiute alcune missioni invece che altre. Nella RoboCup Rescue Robot, per esempio, solo i robot volanti possono entrare nell'arena aerea, ma sono però esclusi da tutte le altre arene a cui possono partecipare solo robot di terra.

Quasi tutti i sensori espressamente richiesti in queste competizioni sono in realtà facoltativi. Infatti, a parte alcune eccezioni, più sensori un robot possiede, più dati relativi all'ambiente riesce a raccogliere e quindi può trovarsi in una situazione di vantaggio rispetto ad un altro.

### 3.1.4 Confronto delle competizioni funzionali

Nella Tabella 3.1.4 sono rappresentate in maniera riepilogativa i limiti e i requisiti che devono avere i robot partecipanti nelle competizioni funzionali sugli attuatori, i sensori e le dimensioni.

<i>NOME</i>	<i>ATTUATORI</i>	<i>SENSORI</i>	<i>SOFTWARE</i>	<i>STRUTTURA GENERALE</i>
<i>RoCKIn@Home</i>	Qualsiasi attuatore, tra cui obbligatoriamente uno per potersi muovere autonomamente.	Qualsiasi sensore a bordo.	Possibile installazione di software aggiuntiva RoCKIn.	Peso max. 250 kg e larghezza max. 80 cm.
<i>RoboCup@Home</i>	Qualsiasi attuatore, tra cui obbligatoriamente uno per potersi muovere autonomamente.	Qualsiasi sensore a bordo.	x	Dimensioni max 200x70cm.
<i>RoboCup@Work League</i>	- Ruote. - Pinza per afferrare oggetti.	- Telemetro laser. - Camera USB e 3D	x	Dimensioni max. 80x50x80

				cm.
<i>RatsLife</i>	2 ruote.	- Fotocamera CMOS - Sensore IR. - 3 microfoni. - Accelerometro.	Software dedicato e- Puck.	Robot e- Puck.
<i>AAAI Semantic Vision Challenge</i>	x	Fotocamera	x	x

Tabella 3.1.4. Competizioni funzionali con limiti e requisiti sugli attuatori, sensori e dimensioni del robot partecipante.

Per le dimensioni valgono gli stessi limiti descritti nella Sezione sulle competizioni rischiose.

Nelle competizioni analizzate in Tabella, uno degli obiettivi principali dei robot è quello di saper raccogliere ed elaborare correttamente dei dati dall'ambiente. È richiesta anche una capacità di spostamento, anche se non è sempre fondamentale come per le competizioni elencate nella Tabella precedente. Di conseguenza, gli attuatori imposti in queste competizioni sono principalmente ruote e pinze per manipolare gli oggetti. RoCKIn@Home, per esempio, viene posta più attenzione sul risultato dell'elaborazione di dati provenienti dall'ambiente da parte del robot (come l'identificazione corretta degli oggetti nello scenario in cui si trova, il riconoscimento facciale di un ospite o di un postino, la comprensione delle richieste di nonna Annie, ecc.), piuttosto che sulle capacità del robot di muoversi tra gli ostacoli.

Nella competizione Semantic Vision Challenge, l'interesse nel robot è basato interamente sul software in grado di analizzare e riconoscere gli elementi nelle immagini. Fisicamente il robot deve spostarsi solo per fotografare i vari oggetti sparsi

per l'arena; qualsiasi altro attuatore, diverso dalle semplici ruote, aumenterebbe inutilmente la complessità del robot e arrecherebbe quindi solo svantaggi alla squadra partecipante.

Tra le competizioni elencate, la RoboCup@Work è la competizione che necessita di più attuatori per la manipolazione dell'ambiente e anche per il movimento. Infatti è indispensabile che il robot abbia almeno una pinza per poter afferrare e spostare gli elementi che gli vengono forniti dallo scenario (per esempio prendere e posizionare un oggetto sul nastro trasportatore). In aggiunta, nella missione BNT (esposta nella Sezione 2.13.2) il robot deve avere degli attuatori che gli permettano di essere in grado di muoversi tra dei semplici ostacoli.

Riepilogando, non ci sono limiti per quanto riguarda gli attuatori dei robot. Infatti, risulta che i vantaggi che le squadre potrebbero trarre dall'aggiunta di attuatori aggiuntivi non convenzionali sarebbero davvero bassi.

L'utilizzo e la qualità dei sensori per le competizioni elencate nella Tabella è fondamentale. Nella Semantic Vision Challenge, per esempio, la qualità delle foto della fotocamera installata sul robot è fondamentale per poter incrementare il punteggio finale ottenuto.

Per questo genere di competizioni infatti non ci sono limiti o restrizioni per quanto riguarda l'installazione di nuovi dispositivi.

### **3.1.5 Riepilogo sulla struttura dei robot**

Non ci sono restrizioni sul software se non nelle competizioni che obbligano ad utilizzare una determinata struttura robotica (Sezione 3.1.1), mentre le dimensioni dei robot sono stabilite solo in funzione della praticità nell'eseguire le varie prove.

I limiti sugli attuatori sono presenti soprattutto nelle competizioni dove si intende simulare il più possibile dei comportamenti umani. Negli altri tipi di sfide non è necessario, anche perché questo aumenterebbe solo la complessità delle prove senza apportare degli effettivi vantaggi ai robot partecipanti.

Per quanto riguarda i sensori sono limitati soltanto nei casi in cui, come per gli attuatori, siano richieste delle analogie con i sensi umani.

### **3.2 Discussione sugli scenari**

Nel contesto delle competizioni robotiche viste come esperimenti, lo scenario ricopre una parte fondamentale. Come detto in precedenza, in un esperimento scientifico, uno dei requisiti fondamentali richiesti è la ripetibilità.

In ogni competizione robotica esiste un'arena attentamente studiata e progettata per rendere le condizioni in cui la prova viene svolta identiche per tutte le squadre. Non devono infatti esistere differenze strutturali dello scenario imposte per solo alcuni team. Gli organizzatori dell'evento cercano infatti di riportare lo scenario nell'esatto stato iniziale al termine di ogni prova. Questa procedura, per quanto venga eseguita con il massimo dell'attenzione, ha però dei limiti. Per poter considerare uno scenario ripetibile, è necessario rispettare dei fattori ambientali e dei modelli strutturali.

Per fattori strutturali si intende la dimensione e il tipo dell'arena, la disposizione degli elementi, l'illuminazione e il luogo dove viene realizzato. I fattori ambientali che possono influenzare uno scenario, invece, comprendono [4]:

1. le condizioni atmosferiche (temperatura, pressione e umidità).
2. la presenza e intensità di luce naturale.
3. la presenza di polveri e contaminazione.
4. le vibrazioni meccaniche e le interferenze elettromagnetiche (EMI).

È stato riassunto nella Tabella 3.2.1 il tipo di scenario considerato in ogni competizione robotica trattata in questo lavoro. Viene anche specificato il rispetto o meno, da parte degli organizzatori dell'evento, dei fattori strutturali e ambientali nella preparazione dello scenario.

<b>Competizione</b>	<b>Struttura scenario</b>	<b>Fattori strutturali</b>	<b>Fattori ambientali</b>
<i>RoboCup Soccer - MSL</i>	Campo da gioco strutturato in un edificio secondo dei parametri esattamente riproducibili e delle dimensioni specifiche per la competizione MSL.	✓	✓
<i>DRC</i>	Otto percorsi riprodotti in un'arena all'aperto.	✓	✗
<i>EuRathlon</i>	Arena impostata in ambiente reale: nelle acque costiere e nella darsena di La Spezia.	✓	✗
<i>HRATC</i>	Arena impostata in un ambiente reale: zona boscosa in Portogallo.	✓	✗
<i>RockIn@Home</i>	Arena strutturata in un edificio secondo dei parametri e dimensioni specifiche per la competizione RoCKIn@Home.	✓	✗
<i>RoboCup Soccer - SL</i>	Campo da gioco strutturato virtualmente secondo dei parametri esattamente riproducibili e delle dimensioni specifiche per la competizione SL.	✓	✓
<i>RoboCup Soccer – F180</i>	Campo da gioco strutturato in un edificio secondo dei parametri esattamente riproducibili e delle dimensioni specifiche per la competizione F180.	✓	✓
<i>RoboCup Soccer - SPL</i>	Campo da gioco strutturato in un edificio secondo dei parametri esattamente riproducibili e delle dimensioni specifiche per la competizione SPL.	✓	✓
<i>RoboCup Soccer – HL</i>	Campo da gioco strutturato in un edificio secondo dei parametri esattamente	✓	✓



	riproducibili e delle dimensioni specifiche per la competizione HL.		
<i>RoboCup@Home</i>	Arena strutturata in un edificio secondo dei parametri e delle dimensioni specifiche per la competizione RoboCup@Home.	✓	✗
<i>RoboCup Rescue – Rescue Robot</i>	Tutte le arene realizzate per la sfida riproducono dei parametri e delle dimensioni specifiche per la competizione RoboCup Rescue Robot.	✓	✗
<i>RoboCup Rescue – Rescue Simulation</i>	Arena strutturata virtualmente secondo dei parametri esattamente riproducibili e delle dimensioni specifiche per la competizione RoboCup Rescue Simulation.	✓	✓
<i>RoboCup@Work League</i>	Arena strutturata in un edificio secondo dei parametri e delle dimensioni specifiche per la competizione RoboCup@Work.	✓	✗
<i>IMAV 2013</i>	Una parte di scenario è ambientato in un'arena strutturata in un edificio secondo dei parametri e delle dimensioni specifiche per la competizione IMAV 2013. L'altra parte di scenario è ambientato in un'arena reale: aeroporto di MuretLherm in Francia.	✓	✗
<i>IMAV 2014</i>	Arena impostata in un ambiente reale: villaggio di Oostdorp in Olanda.	✓	✗
<i>RatsLife</i>	Arena strutturata in un edificio secondo dei parametri esattamente riproducibili e delle dimensioni specifiche per la competizione RatsLife.	✓	✓
<i>AAAI Semantic Vision Challenge</i>	Arena strutturata in un edificio secondo dei parametri esattamente riproducibili e delle dimensioni specifiche per la competizione Vision challenge.	✓	✓

*Tabella 3.2.1. Confronto del controllo dei fattori strutturali e ambientali per gli scenari delle competizioni trattate.*

Nella maggior parte delle competizioni, come si vede in Tabella 3.2.1, il requisito strutturale dello scenario viene rispettato. Per esempio, in tutte le competizioni RoboCup Soccer, l'area del campo mantiene sempre le stesse dimensioni e proporzioni. Lo stesso si può dire per le diverse arene nella competizione RoboCup@Work o la struttura della casa di nonna Annie nella RoCKIn@Home.

I requisiti sulla struttura di una arena sono in generale molto rigidi per tutte le competizioni e non viene praticamente mai lasciato nulla al caso. Delle eccezioni in questo caso riguardano la fonte e l'intensità di luce. In competizioni come la RoboCup è esplicitamente descritto che l'illuminazione del campo deve avvenire tramite delle luci artificiali posizionate sopra il campo e con una certa intensità. Nelle altre competizioni, invece, non viene infatti specificata l'intensità di luce, e solo in pochi casi viene precisata la fonte.

Per quanto riguarda i fattori ambientali il discorso diventa un po' più complesso. È difficile mantenere le stesse condizioni per il corso di tutte le prove [3], anche parlando di scenari situati all'interno di edifici; è invece impossibile mantenere questo presupposto per quanto riguarda scenari collocati in ambienti reali. Si pensi per esempio alla differenza nell'eseguire la missione di decollo del MAV, nella competizione IMAV 2014, in una giornata di pioggia o di sole.

Solo nelle competizioni robotiche simulate (RoboCup Soccer SL e RoboCup Rescue Simulation) i fattori ambientali non possono influire per ovvi motivi.

Da come si può analizzare in Tabella 3.2.1, le competizioni che riescono a mantenere le stesse condizioni per ogni prova, sono le RoboCup Soccer e la Semantic Vision challenge. Entrambe infatti, oltre al vantaggio di essere ambientate in un'arena al chiuso, impongono dei limiti anche sul tipo di luce ambientale. La RoboCup, per

esempio, garantisce lo stesso tipo di luce per ogni prova eseguita, cercando di escludere quella dell'ambiente esterno. Non ha invece limiti o restrizioni per quanto riguarda i rumori ambientali, insieme anche alla temperatura e l'umidità. A causa di questi fattori non è possibile valutare questo scenario come assolutamente ripetibile, anche se in realtà il loro fattore di influenza può essere considerato minimo (nel caso del calcio influisce per esempio sulla percezione del fischio dell'arbitro).

Nelle altre competizioni, come la RoCKIn@Home, non vengono esplicitamente imposte condizioni. In particolar modo non sono specificati i dettagli per quanto riguarda l'intensità, la fonte e la direzione della luce.

Per quanto riguarda l'EuRathlon, l'HRATC e l'IMAV 2013/2014, il discorso devia su un altro fronte. Queste sono competizioni che si svolgono in uno scenario reale: l'EuRathlon è ambientato nelle acque costiere di La Spezia, l'HRATC in un campo boscoso del Portogallo, l'IMAV 2013 nell'aeroporto di MuretLherm in Francia e l'IMAV 2014 nel villaggio di Oostdorp in Olanda. Per queste competizioni, i fattori ambientali influenzano notevolmente lo scenario ed è quindi impossibile renderlo omogeneo per tutti i partecipanti. L'HRATC però, nonostante la competizione sia ambientata in uno scenario reale, ha delle regole ben dettagliate sulla struttura dell'arena e della posizione delle mine che permettono di poter riprodurre lo scenario con le stesse condizioni.

La RatsLife invece è una competizione che è stata progettata per essere riprodotta in un laboratorio con risorse limitate. Questo significa che è possibile ricreare il labirinto dell'arena con la stessa struttura e le stesse condizioni ambientali per tutte le prove.

Le competizioni elencate in Tabella 3.2.1 hanno in generale degli scenari riproducibili. Per quanto riguarda la ripetibilità, invece, solo in alcuni casi, dove non si possono controllare i fattori ambientali, le arene non possono essere considerate tali (come l'umidità, l'inquinamento acustico e l'intensità di luce). Nella maggior parte delle

competizioni, i regolamenti impostano nei dettagli ogni elemento strutturale dello scenario per evitare di lasciare elementi al caso.

### 3.3 Discussione distribuzione punteggi e riconoscimenti

L'elenco dei criteri, che vengono utilizzati per valutare una competizione robotica, possono essere considerati come una valutazione oggettiva delle performance in un sistema/sottosistema robotico sotto condizioni controllate e riproducibili. Il metro di valutazione include un insieme di misure con un'interpretazione specifica, permettendo una valutazione del sistema con chiari criteri oggettivi.

In questa Sezione verrà valutata nel dettaglio la distribuzione dei punteggi e i premi assegnati nelle competizioni. Viene poi data una particolare attenzione alla componente soggettiva per valutare le prestazioni dei robot da parte dei giudici.

Nella Tabella 3.3.1 è mostrato come vengono selezionati i vincitori per ogni competizione e il tipo di valutazione che è stato applicato.

<b>NOME</b>	<b>Vincitore/i</b>	<b>Valutazione</b>
<i>RoboCup Soccer - MSL</i>	Prime tre squadre classificate alla fine del torneo.	Oggettiva. Le squadre vengono classificate in base alle partite vinte e al numero di goal in un torneo ad eliminazione diretta.
<i>DRC</i>	Prime tre squadre classificate in funzione del punteggio finale ottenuto.	Oggettiva. I punti vengono assegnati in funzione del numero di compiti eseguiti, senza considerare il tempo.
<i>EuRathlon</i>	Prime tre squadre classificate in ognuno dei 5 tipi di scenario.	Oggettiva e soggettiva. I punti finali sono la somma dei punti accumulati durante le prove più dei punti soggettivi assegnati dai giudici.

<i>HRATC</i>	Prime tre squadre classificate in funzione del punteggio finale ottenuto.	Oggettiva. I punti sono calcolati in base al numero di mine trovate correttamente, il tempo impiegato e la % di area analizzata.
<i>RockIn@Home</i>	Prime tre squadre classificate in ognuno dei 3 tipi di scenario.	Oggettiva e soggettiva. Vengono usati 2 criteri. La valutazione dei compiti usa criteri oggettivi, come il tempo. La valutazione funzionale usa criteri strettamente legati alle singole capacità del robot.
<i>RoboCup Soccer - SL</i>	Prime tre squadre classificate alla fine del torneo (sia 3D che 2D).	Oggettiva. Le squadre vengono classificate in base alle partite vinte e al numero di goal in un torneo ad eliminazione diretta.
<i>RoboCup Soccer - F180</i>	Prime tre squadre classificate alla fine del torneo.	Oggettiva. Le squadre vengono classificate in base alle partite vinte e al numero di goal in un torneo ad eliminazione diretta.
<i>RoboCup Soccer - SPL</i>	Prime tre squadre classificate alla fine del torneo.	Oggettiva. Le squadre vengono classificate in base alle partite vinte e al numero di goal in un torneo ad eliminazione diretta.
<i>RoboCup Soccer - HL</i>	Prime tre squadre classificate alla fine del torneo per ognuna delle 3 leghe.	Oggettiva. Le squadre vengono classificate in base alle partite vinte e al numero di goal in un torneo ad eliminazione diretta.
<i>RoboCup@Home</i>	Prime tre squadre classificate in funzione del punteggio finale ottenuto.	Oggettiva e soggettiva. La maggior parte del punteggio viene calcolato con criteri oggettivi in funzione del completamento delle singole prove. Altri criteri che si utilizzano per valutare, per esempio

		l'open challenge, sono soggettivi e a discrezione dei giudici.
<i>RoboCup Rescue – Rescue Robot</i>	Prime tre squadre classificate in funzione del punteggio finale ottenuto.	Oggettiva. I punti vengono assegnati in funzione del numero di compiti eseguiti, accuratezza e qualità delle informazioni ottenute.
<i>RoboCup Rescue – Rescue Simulation</i>	Prime tre squadre classificate in funzione del punteggio finale ottenuto per ognuna delle 3 sotto-competizioni.	Oggettiva. I punteggi delle squadre vengono calcolati in base all'area esplorata ed al numero delle vittime trovate.
<i>RoboCup@Work League</i>	Prime tre squadre classificate in funzione del punteggio finale ottenuto.	Oggettiva. Per ogni prova vengono calcolati dei punteggi e infine moltiplicati per il fattore di difficoltà utilizzato.
<i>IMAV 2013</i>	Prime tre squadre classificate in funzione del punteggio finale ottenuto per l'operatività e quello per l'autonomia. Le classifiche sono divise per la missione interna ed esterna.	Oggettiva e soggettiva. La maggior parte del punteggio viene calcolato con criteri oggettivi in funzione del completamento delle singole prove. Altri criteri che si utilizzano per valutare, per esempio la presentazione, sono soggettivi e a discrezione dei giudici.
<i>IMAV 2014</i>	Prime tre squadre classificate in funzione del punteggio finale ottenuto.	Oggettiva. I punteggi delle squadre vengono calcolati in base all'autonomia del robot e ai punteggi accumulate nelle varie prove.
<i>RatsLife</i>	Classifica in funzione della media di vittorie ottenute negli ultimi 10 round.	Oggettiva. La squadra viene dichiarata vincitrice o perdente, senza un calcolo di punteggi, se il suo robot rimane per ultimo nell'arena.
<i>AAAI Semantic Vision Challenge</i>	Prime tre squadre classificate in funzione del punteggio	Oggettiva. Il punteggio viene calcolato in base all'intersezione del rettangolo

finale ottenuto per la Robot league e la software league.	disegnato dai giudici sull'immagine e quello disegnato dal robot.
---	---

*Tabella 3.3.1. Elenco dei riconoscimenti e metodo di valutazione dei punteggi per le competizioni elencate.*

Dalla Tabella 3.3.1 si può notare come la maggior parte delle valutazioni avvenga in maniera oggettiva. Solo quattro sfide, infatti, applicano una componente di soggettività in aggiunta al punteggio calcolato. Nell'EuRathlon, per esempio, i giudici e un comitato scientifico valutano in maniera soggettiva una presentazione mostrata dalle squadre partecipanti. Questi punti vengono poi sommati al punteggio totale accumulato nei singoli scenari.

Nella competizione RoCKIn, la distribuzione dei punteggi è stata progettata in modo tale da minimizzare le valutazioni soggettive. Una delle principali caratteristiche della competizione è la presenza di due tipi di valutazione, chiamate valutazione del compito e valutazione funzionale. La prima è incentrata a valutare le prestazioni di un sistema robotico integrato (come comprendere i comandi e identificare correttamente gli oggetti), mentre la seconda è focalizzata sulla misurazione degli specifici sotto-sistemi (come muoversi senza urtare contro i mobili). La misurazione funzionale cerca di far luce sulle dipendenze tra i sotto-sistemi e l'intero sistema, definendo con precisione come una singola funzionalità del robot possa essere valutata. È richiesto che i criteri siano oggettivi, ma i dati acquisiti dai robot possono comunque includere degli elementi soggettivi per questo tipo di competizione. Per esempio quando si valutano i problemi come le iterazioni umani-robot, il giudizio umano a volte è l'unica opzione possibile.

Nella RoboCup@Home il discorso è diverso rispetto a quello di RoCKIn. Infatti, oltre ai punteggi standard assegnati per il normale completamento delle prove, ci sono da

aggiungere dei punti totalmente soggettivi. Nella fase di open challenge i giudici assegnano soggettivamente dei punti in base alla dimostrazione generale, l'autonomia del robot, l'interazione tra umani e robot e l'utilità nella vita quotidiana. Anche nella fase finale, la giuria assegna un punteggio tenendo in considerazione le performance della finale e possibili contributi scientifici. In aggiunta, un'ulteriore giuria esterna aggiunge il suo contributo di punti assegnati in maniera sempre soggettiva.

Nella competizione IMAV 2013, vengono invece tenuti in considerazione dei parametri soggettivi solo nella valutazione della presentazione dei robot al pubblico.

Il resto delle competizioni applica solo e soltanto criteri oggettivi, come per esempio nella RoboCup Soccer il numero di goal segnati, oppure nella HRATC il numero di mine trovate correttamente e la percentuale di area esplorata. In questi casi ovviamente è necessario poter stabilire con certezza quando il robot fallisce e quando ha successo nello svolgimento del compito. A parità di punteggi, si può poi andare ad aggiungere il tempo come ulteriore elemento di paragone. In molti casi reali il tempo è una variabile da non sottovalutare, soprattutto laddove si abbia per esempio a che fare con vittime da soccorrere (RoboCup Rescue) o disastri da arginare (EuRathlon o DRC).

Alcune competizioni, oltre al riconoscimento principale consegnato al vincitore (o ai vincitori) della sfida, assegnano altri tipi di premi. Questi premi, di solito, valutano degli aspetti più tecnici e funzionali rispetto a un semplice calcolo di punti o di goal. Nel caso della competizione RoboCup Soccer MSL, sono presenti due riconoscimenti aggiuntivi per i partecipanti alla *sfida tecnica* e alla *sfida scientifica*. La prima è stata creata per incentivare le squadre ad affrontare il gioco con un comportamento dinamico. Viene infatti premiato il robot che dimostra più confidenza e dimestichezza con la palla in una serie di esercizi tecnici. Per la sfida scientifica, invece, si parla di una valutazione più soggettiva. Le squadre devono mostrare dei risultati significativi che hanno ottenuto, analizzando il tutto da un punto di vista scientifico e ingegneristico.



Entrambe le sfide permettono a qualsiasi squadra di poter dimostrare l'efficienza dei propri robot, anche a quelle che non sono riuscite a classificarsi sul podio finale. Questo è un modo per incentivare le squadre a sviluppare nuove soluzioni che potranno essere poi utilizzate per le competizioni future.

Lo stesso discorso vale anche per la RoboCup Soccer HL. In questa competizione viene dato un riconoscimento al vincitore di una sfida tecnica e al miglior robot umanoide (essendo l'intera sfida basata su dei robot con sensori e attuatori simili a quelli umani). Va posta una particolare attenzione per quanto riguarda la competizione RoboCup Rescue Robot. In questa sfida vengono riconosciuti altri cinque premi oltre a quello del podio finale. Questi riconoscimenti vengono assegnati in funzione di alcuni punteggi e comportamenti che i robot hanno avuto all'interno dell'arena, non calcolati con delle sfide separate come avviene invece per la RoboCup Soccer. In particolare, le caratteristiche che vengono premiate in un robot sono la mobilità, l'autonomia, l'abilità nella manipolazione degli oggetti e per i robot aerei, la capacità di rimanere sospesi.

IMAV 2013 è l'ultima delle competizioni trattate in questo lavoro che riconosce dei meriti straordinari ai partecipanti. Sono assegnati due premi per il design più innovativo, uno in termini di innovazione degli elementi del sistema e l'altro in termini di progettazione e innovazione meccanica (aerodinamicità del MAV).

### **3.4 Discussione sulla gestione dei turni delle squadre**

L'organizzazione della gestione dei turni delle squadre in una competizione robotica, è determinante per poter stabilire uno o più vincitori. In base a questo fattore, si possono suddividere le competizioni in due categorie:

- le competizioni strutturate a torneo, in cui i singoli (o le squadre) si affrontano a coppie in gironi o in uno scontro ad eliminazione diretta,

- le competizioni strutturate a gare individuali, in cui le squadre svolgono il compito assegnato una alla volta in sequenza e solo alla fine è possibile stabilire un vincitore.

Nella Tabella 3.4.1 viene riassunta la classificazione delle competizioni in funzione all'organizzazione dei turni.

<b>NOME</b>	<b>Confronto diretto (match 1v1)</b>	<b>Gara individuale</b>
<i>RoboCup Soccer - MSL</i>	✓	
<i>DRC</i>		✓
<i>EuRathlon</i>		✓
<i>HRATC</i>		✓
<i>RockIn@Home</i>		✓
<i>RoboCup Soccer - SL</i>	✓	
<i>RoboCup Soccer – F180</i>	✓	
<i>RoboCup Soccer - SPL</i>	✓	
<i>RoboCup Soccer – HL</i>	✓	
<i>RoboCup@Home</i>		✓
<i>RoboCup Rescue – Rescue Robot</i>		✓
<i>RoboCup Rescue – Rescue Simulation</i>		✓
<i>RoboCup@Work League</i>		✓
<i>IMAV 2013</i>		✓
<i>IMAV 2014</i>		✓
<i>RatsLife</i>	✓	
<i>AAAI Semantic Vision Challenge</i>		✓

Tabella 3.4.1. Classificazione delle competizioni in funzione all'organizzazione dei turni.

Le prove in cui c'è un confronto diretto tra due squadre sono le varie competizioni della RoboCup soccer e la RatsLife.

Per la RoboCup Soccer la scelta è evidente, poiché l'obiettivo è quello di avere robot in grado di giocare in una partita di calcio. Il modo più logico di stabilire un vincitore in tale competizione è quello di organizzare un torneo ad eliminazione diretta, in cui alla

fine rimane solo la squadra vincitrice e quindi la migliore. Un discorso analogo è valido anche per la competizione RatsLife. In tale contesto due topi, rappresentati da dai robot e-Puck, si contendono le risorse vitali all'interno di un labirinto. Anche in questo caso, la struttura della competizione consente un confronto ad eliminazione che permette di premiare il vincitore in maniera oggettiva.

Per le altre competizioni una struttura ad eliminazione diretta non avrebbe un significato logico. Infatti, in competizioni più articolate e complesse, come per esempio rilevare una vittima sotto delle macerie o girare una valvola, è opportuno utilizzare una diversa struttura dei turni.

### **3.5 Conclusioni e riepilogo delle competizioni robotiche trattate come esperimenti**

Nell'introduzione al Capitolo 3 sono state elencate le cinque principali categorie in cui gli esperimenti scientifici possono essere suddivisi. Si assume che tali categorie valgano anche per la robotica se si argomenta il fatto che una competizione robotica possa essere considerata come un esperimento scientifico. Con i dati e le argomentazioni discusse nelle sezioni precedenti, ci sono tutti gli elementi necessari per poter mappare le competizioni robotiche all'interno di alcuni tipi di esperimenti, ragionando in particolare sulle caratteristiche che le rendono tali.

Nelle competizioni RoboCup Soccer (Sezione 3.1.2) ci sono due team di robot che giocano a calcio uno contro l'altro. L'ambiente di gioco, un campo da calcio in scala, è ben definito e facilmente riproducibile. Queste competizioni possono chiaramente essere considerate come particolari tipi di esperimenti di fattibilità e parzialmente come esperimenti di prova, dato che possono essere valutati vari aspetti del sistema

usando delle variabili predefinite. Allo stesso tempo è più difficile considerarle come esperimenti comparativi. Infatti, nonostante le configurazioni e i parametri che compongono tali competizioni siano ben specificati, il criterio di misura con cui le due squadre sono valutate riguarda unicamente il gioco del calcio e non a una generale ipotesi sperimentale. Il discorso è invece diverso per quanto riguarda i riconoscimenti straordinari che vengono consegnati ai vincitori della prova tecnica e scientifica. Infatti è difficile generalizzare ogni conclusione riguardo al comportamento generale dei robot partendo dal solo fatto che una squadra abbia vinto o perso. La prova tecnica può tranquillamente essere considerata come un esperimento di prova, infatti vengono valutati i vari aspetti del sistema con variabili predefinite. Questa potrebbe anche essere considerata un esperimento di confronto in quanto i fattori sotto valutazione sono rigorosamente appurati e lo scenario è riproducibile. Non può essere invece mappato come un esperimento controllato perché si devono tenere in considerazione alcuni fattori che non possono essere completamente controllati, come i rumori.

RoCKIn intende fornire un approccio più scientifico alla valutazione dei risultati delle competizioni ed è chiaro il tentativo di muoversi verso comparazioni ed esperimenti controllati. Per esempio, una delle principali caratteristiche della competizione RoCKIn è la presenza di due tipi di valutazione chiamate valutazione del compito e valutazione funzionale. Tali valutazioni sono fatte in accordo con criteri e misure quantitative ben specificate per la funzionalità da testare.

LA DARPA Robotics Challenge si svolge in un contesto reale in cui vengono misurate le prestazioni, la funzionalità e l'autonomia dei robot. Gli obiettivi sono esposti nel dettaglio e la classificazione delle squadre avviene in maniera. La DRC può quindi essere facilmente mappata come un tipo di esperimenti sul campo.

EuRathlon sembra invece muoversi in una direzione differente rispetto alle altre. Come per la DRC, questa sfida si svolge in un contesto reale dove i robot hanno quindi la possibilità di affrontare situazioni concrete, come la scarsa visibilità o le difficoltà che ne seguono da una forte corrente. I metodi di distribuzione dei punteggi hanno sia una componente soggettiva che una oggettiva, il che può escludere la possibilità di considerare un esperimento di confronto. EuRathlon potrebbe quindi essere considerata come un misto tra un esperimento di prova e uno sul campo.

Nell'Humanitarian Robotics and Automation Technology Challenge il discorso è analogo a EuRathlon. Si tratta infatti di una competizione che può essere considerata posizionata tra un esperimento di prova e uno sul campo. Questo perché, nonostante l'HRATC non abbia una componente soggettiva nei metodi di giudizio, la valutazione considera i vari aspetti del sistema in un contesto reale, quindi soggetto a fattori non pienamente controllabili.

Nella competizione RoboCup Rescue (sia la Rescue Robot che la Rescue Simulation) tutti i compiti e gli obiettivi sono descritti nel dettaglio. La valutazione finale avviene in maniera oggettiva e secondo dei parametri specifici. È possibile quindi considerarla come una competizione che si avvicina ad un esperimento di confronto più che ad un esperimento di prova. Nella RoboCup Rescue Robot sono anche presi in considerazione dei parametri straordinari (come l'abilità per i robot aerei di rimanere sospesi in una posizione) per poter riconoscere dei particolari robot come i migliori in determinate categorie. Tali parametri permettono di poter considerare questi riconoscimenti "best-in" come dei puri esperimenti comparativi.

La RoboCup@Work, come per la RoboCup Rescue, chiarisce nel dettaglio il sistema utilizzato per il confronto e utilizza un metro di giudizio oggettivo per valutare i partecipanti. Anche in questo caso si può parlare quindi di un misto tra esperimento di confronto e uno di prova.

Nelle competizioni IMAV 2013 e 2014, una parte di scenario è ambientato in un contesto reale, mentre l'altra in un'arena strutturata secondo rigide specifiche. Nella competizione IMAV 2014, la valutazione delle squadre avviene in maniera oggettiva, mentre per la 2013, alle formule si aggiunge anche una componente soggettiva (la valutazione di una presentazione). In aggiunta, nella competizione IMAV 2013 vengono valutate le squadre secondo più metri di giudizio: l'operatività, l'autonomia e l'innovazione. Dopo queste considerazioni si deduce che entrambe le competizioni possono essere ricondotte come una combinazione tra un esperimento sul campo e uno di prova, ma in particolare IMAV 2013 può considerare alcune delle sue prove complementari come un esperimento di confronto.

RatsLife è una competizione progettata con lo scopo di poter essere riprodotta semplicemente in un laboratorio. Il vincitore della sfida è il robot "sopravvissuto" nel labirinto, non vengono infatti presi in considerazione altri parametri di giudizio. Oltretutto la struttura dell'arena e lo scenario sono riproducibili e ripetibili. Da queste considerazioni si può dedurre che RatsLife può essere considerata come una competizione tra un esperimento di confronto e uno controllato.

Nell'ultima competizione trattata, l'AAAI Semantic Vision Challenge, si prende in considerazione uno scenario definito nei minimi dettagli. I fattori ambientali che possono influenzare la prova sono praticamente nulli e la valutazione delle squadre avviene con un metro di giudizio totalmente oggettivo. In quest'ultimo caso si può

prendere in considerazione la visione della competizione come un esperimento di confronto.

Questi esempi mostrano come la relazione tra competizioni ed esperimenti vari da caso a caso. Questo lavoro è stato necessario per capire quando, e sotto quali condizioni, le competizioni tra robot possono essere considerate esperimenti scientifici.





## Capitolo 4

### Conclusioni e sviluppi futuri

In questo lavoro sono state selezionate e studiate un insieme di competizioni robotiche internazionali per robot completamente autonomi. Lo scopo di questa analisi è stato quello di comprendere se e in che misura tali competizioni possono essere considerate come degli esperimenti scientifici. Usando come riferimento lavori ed analisi precedenti [1] [8], è stata indicata una correlazione tra ogni competizione analizzata e una tipologia di esperimento.

Un elemento fondamentale di questo progetto è stato lo studio del controllo dei fattori sotto analisi, come l'analisi degli attuatori e sensori imposti ai robot, perché essi costituiscono uno dei cardini del metodo scientifico sperimentale. Inoltre, specialmente quando si considerano le discipline ingegneristiche, la presenza di uno scopo applicativo sembra essere cruciale per considerare il caso d'interesse un esperimento.

Come si è osservato nel Capitolo 3, per esempio, una delle principali caratteristiche della competizione RoCKIn è la presenza di due forme di valutazione chiamate valutazione del compito e valutazione funzionale. Tali valutazioni tengono in considerazione criteri e misure quantitative ben specificate per la funzionalità da esaminare, come avviene negli esperimenti scientifici.

Sembra che portare gli aspetti più interessanti delle competizioni in contesti più scientifici sia un buon orientamento. Dare alle competizioni robotiche una valenza scientifica è un'ottima direzione per sviluppi futuri perché consente di avere un confronto oggettivo tra diverse soluzioni per scegliere la migliore. Questo necessita di essere ulteriormente analizzato con un approccio critico che non dia per scontate le molte similitudini tra competizioni ed esperimenti, ma rifletta sulle condizioni sotto cui il confronto tra competizione ed esperimento sia ragionevole e proficuo.

Per continuare su questa strada, in futuro sarà necessario lavorare sia sul regolamento che sui criteri di valutazione per l'assegnazione dei premi finali delle competizioni. Le regole e la struttura delle competizioni vanno riviste per potersi avvicinare il più possibile ai fondamenti di riproducibilità e ripetibilità che sono alla base di un esperimento scientifico. Per quanto riguarda l'assegnazione dei punteggi, sarà necessario per esempio minimizzare o addirittura eliminare qualsiasi componente soggettiva nelle valutazioni, al fine di poter così generalizzare i risultati ottenuti.

## Bibliografia

- [1] F. Amigoni, A. Bonarini, G. Fontana, M. Matteucci, V. Schaffionati: To what extent are competitions experiments? A critical view. ICRA 2014 Workshop on Epistemological issues in robotics research and research result evaluation, June 2014, Hong Kong.
- [2] F. Amigoni, A. Bonarini, G. Fontana, M. Matteucci, V. Schaffionati: Benchmarking Through Competitions. 2nd Workshop on Robot Competitions: Benchmarking, Technology Transfer, and Education, European Robotics Forum 2013, April 2013, Lyon, Francia.
- [3] Ritetibilità, Wikipedia, Maggio 2015.  
<https://it.wikipedia.org/wiki/Ripetibilit%C3%A0>.
- [4] G. Elias, dott. Ferrari. Errori di misura. Dispensa del corso di Metrologia, Università degli Studi di Milano, 19-20, 2010.
- [5] Esperimento, Enciclopedia Treccani, Aprile 2015.  
<http://www.treccani.it/vocabolario/esperimento/>
- [6] M. Anderson, O. Jenkins, S. Osentoski. Recasting robotics challenges as experiments. IEEE Robotics Automation Magazine, 18(2):10-11, 2011.

- [7] M. Tedre, N. Moisseinen. Experiments in computing: A survey. The scientific World Journal, Volume 2014:1-11, 2014.
- [8] L. Takayama. Toward a science of Robotics. Science and Systems (RSS) Workshop on Good Experimental Methodology in Robotic, Seattle, WA, 2009.
- [9] Robot competition, Wikipedia, Maggio 2015  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Robot\\_competition](https://en.wikipedia.org/wiki/Robot_competition)
- [10] RoboCup-2002 Middle-Size Robot League, FIFA Laws and RoboCup Modifications, Marzo 2002.  
<http://robocup.elet.polimi.it/MSL-2002/Rules2002/rules02/FIFA-laws02.html>
- [11] Middle Size Robot League Rules and Regulations for 2014, Gennaio 2014.  
<http://wiki.robocup.org/images/d/d1/Msl-rules2014.pdf>
- [12] DARPA Robotic Challenge Trials 2013, Maggio 2015.  
<http://archive.darpa.mil/roboticschallengetrialsarchive/>
- [13] E. Guizzo, E. Ackerman. DARPA Robotics Challenge: Here Are the Official Details. IEEE Spectrum Aprile 2012.  
<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/humanoids/darpa-robotics-challenge-here-are-the-official-details>
- [14] C. Poladian. DARPA Robotics Challenge Finals 2014: Google's SCHAFT Will Be Self-Funded, More Competitors Added. International Business Times, 2014.
- [15] EuRathlon 2014 Missions & Rules, Gennaio 2014.  
[http://www.eurathlon.eu/site/wp-content/uploads/2014/01/rules\\_euRathlon2014\\_v1.pdf](http://www.eurathlon.eu/site/wp-content/uploads/2014/01/rules_euRathlon2014_v1.pdf)
- [16] Winners of EuRathlon 2014 sea competition recap: Day 3, 4 and 5, Ottobre 2014.

<http://robohub.org/winners-of-eurathlon-2014-sea-competition-recap-day-3-4-and-5/>

[17] HRATC 2014 Rules, Giugno 2014.

[http://www2.isr.uc.pt/~embedded/events/HRATC2014/Rules\\_files/HRATC2014rules.pdf](http://www2.isr.uc.pt/~embedded/events/HRATC2014/Rules_files/HRATC2014rules.pdf)

[18] Setting the benchmark in field robotics research, Giugno 2015.

<http://www.clearpathrobotics.com/husky/>

[19] Pioneering the Humanitarian Robotics and Automation Technology Challenge, Giugno 2014.

<http://www.ieee-ras.org/about-ras/latest-news/473-pioneering-the-humanitarian-robotics-and-automation-technology-challenge-hratc>

[20] RoCKIn@Home, a Competition for Domestic Service Robots, Marzo 2014.

[http://rockinrobotchallenge.eu/rockin\\_home\\_nutshell.pdf](http://rockinrobotchallenge.eu/rockin_home_nutshell.pdf)

[21] RoboCup Soccer Simulation League, RoboCup 2014, Giugno 2014.

[http://www.robocup2014.org/?page\\_id=928](http://www.robocup2014.org/?page_id=928)

[22] RoboCup Soccer Simulation League, Wikipedia, Giugno 2015.

[http://wiki.robocup.org/wiki/Soccer\\_Simulation\\_League](http://wiki.robocup.org/wiki/Soccer_Simulation_League)

[23] RoboCup 2014 Soccer Simulation League 2D results. Oliver Obst, 2014.

<http://www.oliverobst.eu/research/robocup/rc2014-simleague-2d/>

[24] NAO (robot), Wikipedia, Maggio 2015.

[https://it.wikipedia.org/wiki/NAO\\_%28robot%29](https://it.wikipedia.org/wiki/NAO_%28robot%29)

[25] Robot Nao, Aldebaran, Giugno 2015.

<https://www.aldebaran.com/en>

- [26] Small Size League, Wikipedia, 2014.  
[http://wiki.robocup.org/wiki/Small\\_Size\\_League](http://wiki.robocup.org/wiki/Small_Size_League)
- [27] RoboCup Small Size Robot League, RoboCup 2014, 2014.  
[http://www.robocup2014.org/?page\\_id=933](http://www.robocup2014.org/?page_id=933)
- [28] Small Size League Technical Committee, Laws of the RoboCup Small Size League 2014, 4 Marzo 2014.
- [29] RoboCup Soccer Standard Platform League, RoboCup 2014, Giugno 2014.  
[http://www.robocup2014.org/?page\\_id=943](http://www.robocup2014.org/?page_id=943)
- [30] Standard Platform League, Wikipedia, Giugno 2015.  
[http://wiki.robocup.org/wiki/Standard\\_Platform\\_League](http://wiki.robocup.org/wiki/Standard_Platform_League)
- [31] RoboCup Technical Committee. RoboCup Standard Platform League (NAO) Rule Book, 2014 rules, Giugno 2014.
- [32] RoboCup Soccer Humanoid League, RoboCup 2014, Giugno 2014.  
[http://www.robocup2014.org/?page\\_id=943](http://www.robocup2014.org/?page_id=943)
- [33] RoboCup Humanoid League, Luglio 2015.  
<https://www.robocuphumanoid.org/>
- [34] RoboCup Soccer Humanoid League Rule and Setup for the 2014 Competition in Joao Pessoa, RoboCup, 5 Luglio 2014.
- [35] RoboCup@Home Rules & Regulations, Final version for RoboCup 2014, 6 Giugno 2014.
- [36] RoboCup@Home Rules & Regulations, Final version for RoboCup 2015, 28 Maggio 2015.

- [37] RoboCup@Home League, RoboCup wiki Home League, Maggio 2015.  
[http://wiki.robocup.org/wiki/@Home\\_League](http://wiki.robocup.org/wiki/@Home_League)
- [38] RoboCup@Home League, RoboCup 2014, Giugno 2014.  
[http://www.robocup2014.org/?page\\_id=57](http://www.robocup2014.org/?page_id=57)
- [39] RoboCup Rescue League, RoboCup 2014, Giugno 2014.  
[http://www.robocup2014.org/?page\\_id=968](http://www.robocup2014.org/?page_id=968)
- [40] RoboCup Rescue League, RoboCup wiki Home League, Maggio 2015.  
[http://wiki.robocup.org/wiki/@Home\\_League](http://wiki.robocup.org/wiki/@Home_League)
- [41] RoboCup Rescue Robot League Rules for 2014, SSRR Summer School, Maggio 2015.  
<http://wiki.ssrrsummerschool.org/doku.php?id=rll-rules-2014>
- [42] Field Description (detailed) for RoboCup Rescue League 2014, Maggio 2014.  
<https://dl.dropboxusercontent.com/u/21976613/Detailed%20FIELD%20DESCRIPTION.pdf>
- [43] RoboCup Rescue Simulation League, RoboCup 2014, Giugno 2014.  
[http://www.robocup2014.org/?page\\_id=973](http://www.robocup2014.org/?page_id=973)
- [44] RoboCup Rescue Simulation League, RoboCup wiki League, Maggio 2015.  
[http://wiki.robocup.org/wiki/Rescue\\_Simulation\\_League](http://wiki.robocup.org/wiki/Rescue_Simulation_League)
- [45] M. Traichioiu, A. Visser. UvA Rescue Team Description Paper Agent competition Rescue Simulation League Iran Open 2014, 2014.
- [46] A. Abdi, F. Amigoni, S. Taleghani. RoboCup Rescue Simulation League Virtual Robot Competition Rules document, Marzo 2014.
- [47] M. Lewis, S. Carpin, S. Balakirsky. Virtual Robots RoboCup Rescue Competition:

Contributions to Infrastructure and Science, 2008.

- [48] RoboCup Rescue Simulation, Agent Simulation & Infrastructure competition, RoboCup 2014, Gennaio 2014.  
<http://roborescue.sourceforge.net/blog/category/robocup-2014/>
- [49] RoboCup@Work League, RoboCup 2014, Giugno 2014.  
[http://www.robocup2014.org/?page\\_id=63](http://www.robocup2014.org/?page_id=63)
- [50] RoboCup@Work, Luglio 2015.  
<http://www.robocupatwork.org>
- [51] IMAV 2013, International Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition, Toulouse, Francia, Settembre 2013.  
<http://www.imav2013.org/index.php/information.html>
- [52] IMAV 2013, International Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition, Toulouse, Francia, Settembre 2013.  
<http://www.imavs.org/2014/>
- [53] O. Michel, F. Rohrer. The Rat's Life Benchmark: Competing Cognitive Robots. Cyberbotics Ltd, 2011.
- [54] Thymio, Maggio 2015.  
<https://www.thymio.org/>
- [55] Webots 8, Cyberbotics, 14 Luglio 2015.  
<https://www.cyberbotics.com/e-puck/>
- [56] O. Michel. Rat's Life: e-Puck robot programming competition. E-Puck, 24 Maggio 2011.  
<http://www.e-puck.org/>



[57] AAI Mobile Robot Competition. Association for the Advancement of Artificial Intelligence. 2014.  
<http://www.aaai.org/>