



Ricerca di Sistema elettrico

Valutazione e studio dei sistemi di interfacce innovative, tipo robot umanoidi, in grado di aumentare la usabilità dei sistemi smart home ed agevolarne l'uso agli utenti fragili

Vincenzo Bonaiuto

VALUTAZIONE E STUDIO DEI SISTEMI DI INTERFACCE INNOVATIVE, TIPO ROBOT UMANOIDI, IN GRADO DI AUMENTARE LA USABILITÀ DEI SISTEMI SMART HOME ED AGEVOLARNE L'USO AGLI UTENTI FRAGILI

Vincenzo Bonaiuto (Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Ingegneria Industriale)

Dicembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2018

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: D.7 Sviluppo di un modello integrato di smart district urbano

Obiettivo: b. Sistemi e servizi smart per edifici

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di Collaborazione dal titolo: "Valutazione e studio dei sistemi di interfacce innovative, tipo robot umanoidi, in grado di aumentare la usabilità dei sistemi smart home ed agevolarne l'uso agli utenti fragili".

Responsabile scientifico ENEA: Dr. Andrea Zanela

Responsabile scientifico Università "Tor Vergata": Prof. Vincenzo Bonaiuto

Indice

1	INTRODUZIONE	4
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI	5
2.1	ANALISI SULLO STATO DELL'ARTE DI ROBOT UMANOIDI	5
2.1.1	ALPHA 1 PRO	6
2.1.2	LYNX.....	7
2.1.3	ROBOTIS-OP2	7
2.1.4	ROMEO	7
2.1.5	NAO6	7
2.1.6	PEPPER.....	8
2.1.7	ASIMO.....	9
2.1.8	ICUB	9
2.1.9	SANBOT NANO	9
2.1.10	SANBOT ELF.....	10
2.1.11	SANBOT MAX.....	10
2.1.12	ENON	10
2.2	STUDIO DEGLI ASPETTI LEGATI ALL'USO DI ROBOT UMANOIDI COME DISPOSITIVI DI INTERFACCIA UTENTE DI TIPO MULTIMODALE ..	14
2.2.1	MIGLIORAMENTO DELLE CAPACITÀ SENSORIALI ATTRAVERSO INTERFACCIAMENTO CON SERVIZI AI	14
2.2.2	INTEGRAZIONE DI CAPACITÀ DI RICONOSCIMENTO VOCALE BASATA SU CLOUD PER NAO.	15
3	CONCLUSIONI.....	16
4	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	17
	CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO.....	18

1 Introduzione

Il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" ha realizzato una ricerca sulle interfacce innovative, tipo robot umanoidi, in grado di aumentare la usabilità dei sistemi smart home ed agevolarne l'uso agli utenti fragili. In particolare, l'attività di ricerca ha permesso di individuare, tra quelle disponibili sul mercato e altre sviluppate nell'ambito di centri di ricerca, alcune piattaforme robotiche di tipo umanoide (o antropomorfe) il cui utilizzo potrebbe risultare interessante nell'ambito del supporto ad un'utenza "fragile". Si parla di robot umanoidi per riferirsi ad una tipologia di piattaforma robotica le cui fattezze sono basate su quelle di un corpo umano. In generale, questi robot presentano un tronco, una testa, due braccia e due gambe anche se, talvolta, le fattezze umane sono riferite alla sola parte superiore mentre, nella parte inferiore, le gambe sono sostituite con delle ruote che permettono una più agevole gestione degli spostamenti. Talvolta, queste macchine presentano, nella testa, anche bocca, naso e occhi.

Il problema dell'accettabilità dello strumento informatico da parte di utenti fragili dipende molto dalle caratteristiche presentate dalla sua interfaccia. Quindi, se da un lato l'utilizzo, in un contesto di supporto ad utenti fragili, di macchine con tali caratteristiche è sicuramente un valido strumento nell'ottica di migliorare il tasso di accettabilità del sistema, dall'altro è assolutamente necessario che la sua interfaccia utente sia adeguata alle specifiche caratteristiche e criticità dell'utente.

L'attività di ricerca è stata suddivisa in due parti:

1. Analisi sullo stato dell'arte dei diversi robot umanoidi e del loro utilizzo all'interno di ambienti domestici.
2. Studio degli aspetti legati all'uso di queste piattaforme come dispositivi di interfaccia utente di tipo multimodale.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Analisi sullo stato dell'arte di robot umanoidi

Lo studio è stato effettuato sia su robot di tipo umanoide già presenti sul mercato che per quelli in fase di studio nell'ambito della più avanzata ricerca tecnologica; sono state individuate le principali caratteristiche che un tale robot deve presentare per poter essere accettato ed utilizzato facilmente anche da parte di un'utenza fragile.

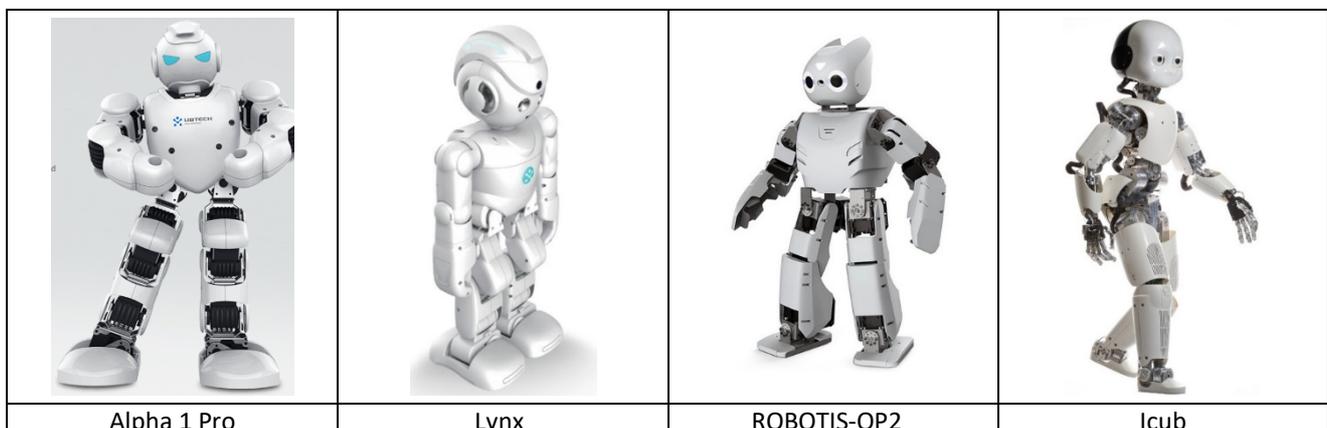
La ricerca effettuata ha permesso di individuare alcune piattaforme robotiche mostrate in Figura 1 delle quali, una è stata realizzata da un istituto di ricerca (IIT Genova) e le altre da sei differenti produttori (UBTECH Robotics, ROBOTIS Co.,Ltd, SoftBank Robotics Holdings Corp, Honda, Fujitsu e Sanbot Innovation Technology Ltd). In Tabella 2 sono riportate le principali caratteristiche di ciascuna macchina. Queste presentano differenti dimensioni, peso e caratteristiche che le rendono utilizzabili in ambiti differenti.

Peso < 6 kg	10 < Peso < 30 kg	Peso > 35 kg
Alpha 1 Pro	PEPPER	Asimo
Lynx	Icub	Sanbot Max
ROBOTIS-OP2	Nano	ROMEO
NAO 6	Elf	Enon

Tabella 1. Classificazione per peso delle piattaforme robotiche umanoidi considerate nell'analisi

Una prima grossolana caratterizzazione può essere effettuata semplicemente in base al loro peso (Tabella 1); questo permette di individuare tre diversi gruppi di macchine:

- Un primo gruppo di macchine "leggere" che presentano un peso al di sotto dei 6kg che rappresenta un tipo di robot con limitate capacità di carico e che è possibile utilizzare per scopi ludici, di laboratorio e per applicazioni che, tipicamente, non richiedono trasporto di materiale.
- Un secondo gruppo di macchine "intermedie" che presentano un peso tra i 10 e i 30 kg e che rappresenta un tipo di robot con discrete capacità di carico e che è possibile utilizzare per applicazioni dove è necessario il trasporto di materiale ma non sono richieste elevate prestazioni in termini di carico massimo trasportabile.
- Un terzo gruppo di macchine "pesanti" che presentano un peso superiore ai 35kg che è costituito da robot con elevate capacità di carico



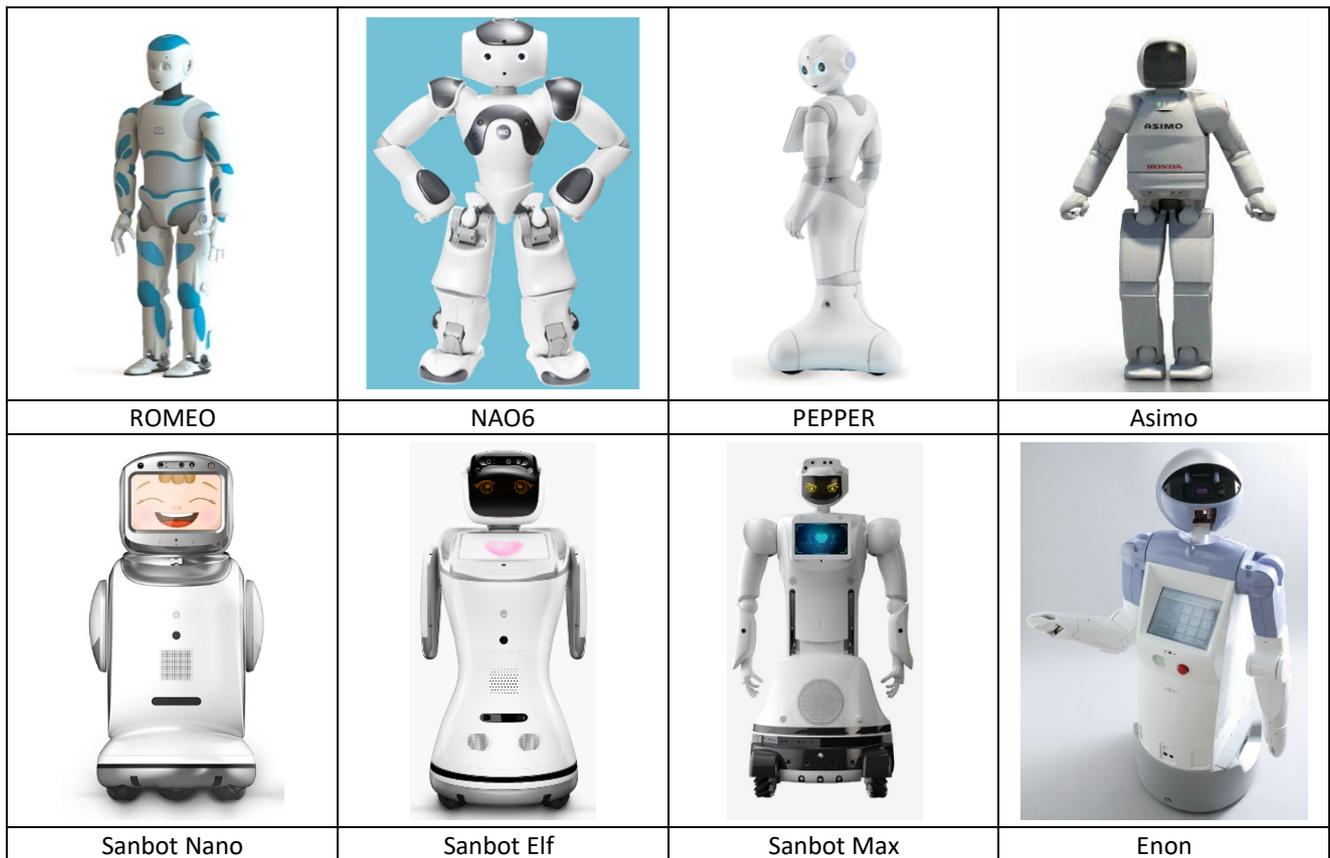


Figura 1. Le piattaforme robotiche umanoide considerate nell'analisi

2.1.1 ALPHA 1 PRO

Alpha 1 Pro di UBTECH Robotics è un robot umanoide in grado di eseguire varie azioni programmabili, Il suo corpo è realizzato con 16 servocomandi digitali che permettono di effettuare, in modo molto realistico, diversi movimenti umani. È provvisto di connettività Bluetooth 3.0/4.0 che ne permette il controllo attraverso un app dedicata disponibile sia per iOS che per Android.

È una piattaforma robotica con capacità di calcolo limitate e che non dispone di un'unità inerziale pensata per utilizzo prettamente ludico e didattico. A fronte di un costo ridotto, presenta prestazioni piuttosto limitate

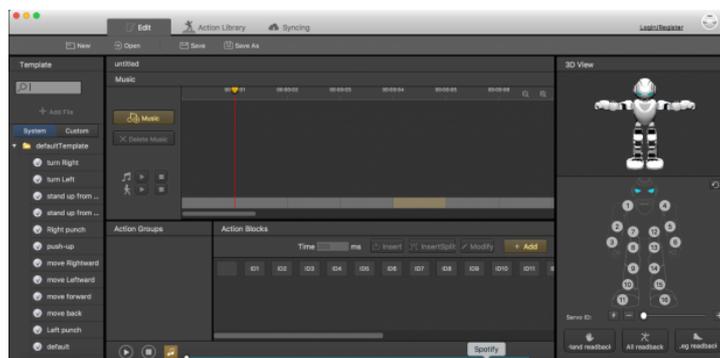


Figura 2. Programma di controllo di Alpha 1 Pro (UBTECH Robotics)

2.1.2 LYNX

Lynx è prodotto da UBTECH Robotics che è una delle aziende di robotica cinesi più attive nel settore dei social robot [1] e dei robot di servizio. Si tratta di un robot umanoide che è provvisto di integrazione con l'assistente vocale Amazon Alexa e che è quindi in grado di rispondere ai comandi vocali. Lynx può essere programmato realizzare semplici operazioni mediante un collegamento Wi-Fi. Grazie alla videocamera presente a bordo e a particolari algoritmi pre-installati questo robot è in grado di svolgere operazioni di riconoscimento facciale. È provvisto inoltre di unità inerziale. Il costo è contenuto e le prestazioni sono interessanti anche se sempre nell'ambito di un utilizzo di tipo ludico o didattico.

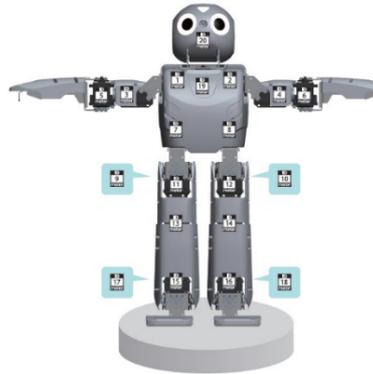


Figura 3. Posizione dei motori in ROBOTIS OP2

2.1.3 ROBOTIS-OP2

ROBOTIS OP2 è una piattaforma robotica di tipo umanoide *open source* con potenza computazionale avanzata (dispone a bordo di un embedded PC Intel Atom N2600). È stato sviluppato e prodotto da ROBOTIS Co Ltd in collaborazione con l'Università della Pennsylvania. Si basa su componenti *open source* (sia hardware che software) ed è utilizzato principalmente da università e centri di ricerca per scopi educativi e di ricerca anche considerando il costo sufficientemente contenuto.

2.1.4 ROMEO

È una macchina prodotta da SoftBank Robotics appartenente al gruppo delle macchine "pesanti". Ha un peso intorno ai 36kg ed è predisposto con tre videocamere con le quali è in grado di localizzarsi, di mappare l'ambiente circostante e navigare in modo autonomo. È equipaggiato con quattro computer che utilizza per la gestione della visione dell'udito e dei suoi movimenti nonché per realizzare algoritmi riconoscimento vocale o di oggetti (intelligenza artificiale). Romeo è dotato di 37 gradi di libertà che gli consentono di aprire le porte, afferrare oggetti su un tavolo e spostarsi autonomamente all'interno di una casa. Come gli altri due robot della stessa famiglia (Nao e Pepper) è programmabile mediante il software Choregraphe [4], un software *open source* che consente la programmazione di questa macchina grazie anche ad una interfaccia grafica molto intuitiva.

Il progetto Romeo [3], iniziato nel 2009 e finanziato in larga parte dal governo francese, coinvolge aziende di robotica e alcuni laboratori di ricerca europei. L'obiettivo principale del progetto, è quello di creare una piattaforma di ricerca adatta a testare possibili servizi che potrebbe essere interessante includere in futuri social robot, ad esempio specializzati nel supporto di persone anziane o disabili. Ha, al momento, dei costi abbastanza sostenuti.

2.1.5 NAO6

Nao è un robot, prodotto da SoftBank Robotics, programmabile ed *open source*. È una macchina di piccola taglia, è alto circa 58 centimetri per un peso di circa 5 kg. È dotato di 25 gradi di libertà ed ha a bordo due processori, due videocamere per prendere informazioni, insieme ad alcuni sensori a ultrasuoni e infrarossi, sull'ambiente circostante e un'unità inerziale che gli consente di valutare la sua posizione (seduto o in piedi). Nove sensori tattili e otto sensori di pressione permettono inoltre alla macchina di interagire con l'utente attraverso il tatto. Quattro microfoni direzionali, un sintetizzatore vocale e speakers ad alta fedeltà gli consentono invece l'interazione mediante comandi vocali. La SoftBank Robotics ha, fra i suoi obiettivi, quello di farne un social robot.

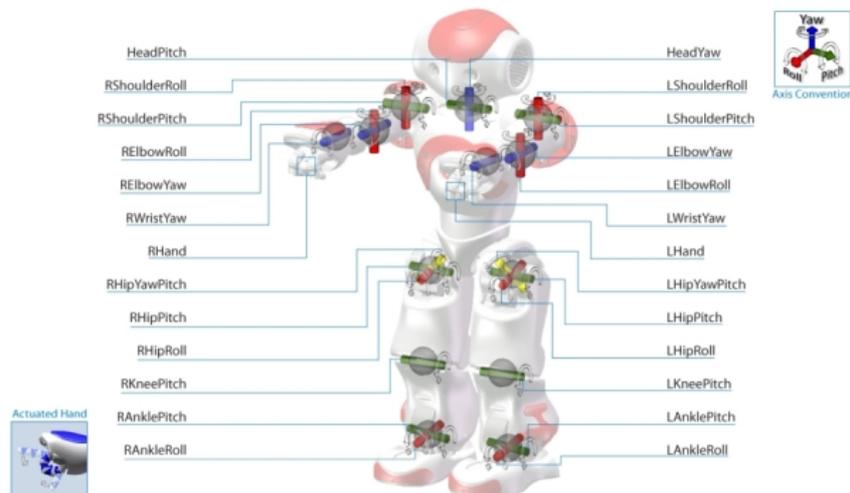


Figura 4. NAO Joints and Actuators

Può comunicare mediante Wi-Fi e il protocollo Ethernet a cui si aggiungono i ricetrasmittitori ad infrarossi posizionati negli occhi. È considerato, al momento, il robot umanoide più evoluto disponibile in commercio in grado di esprimersi in italiano. Grazie alle sue caratteristiche è stato utilizzato all'interno di un progetto presso il reparto di Pediatria del Policlinico Sant'Orsola di Bologna dove è stato utilizzato con una sessantina di bambini ricoverati per insegnare loro a riconoscere le emozioni e a esternarle. Secondo alcuni studi, infatti, l'utilizzo di una macchina invece di un adulto aiuterebbe il bambino ad aprirsi all'esterno con minori difficoltà. Con analoghe motivazioni viene utilizzato, in Australia presso il Royal Children's Hospital di Melbourne, nelle terapie di riabilitazione motoria. È stato inoltre utilizzato nelle terapie contro il disturbo della personalità dei più piccoli, grazie ad un software particolare: Ask Nao (Autism Solution for Kids) [5-7].

2.1.6 PEPPER

Pepper è un robot antropomorfo prodotto da SoftBank Robotics, ha un'altezza di circa 120cm (come un bambino) ed è stato progettato con lo scopo di migliorare le interazioni con l'utente mediante l'utilizzo di un'interfaccia di tipo multimodale. Molti sforzi sono stati fatti dai progettisti per ottenere una macchina in grado di relazionarsi con l'utente in modo naturale e intuitivo grazie alla naturalezza sia del suo tono di voce che dei suoi movimenti. È un social robot in grado di parlare e comprendere il linguaggio umano; inoltre, poiché è dotato di un software avanzato per il riconoscimento facciale e dei gesti, è in grado di valutare correttamente le emozioni dell'interlocutore studiandone la postura, il tono della voce e la posizione delle mani e agendo di conseguenza. Grazie alle sue tre ruote multidirezionali può muoversi in tutte le direzioni a una velocità massima di tre chilometri orari. È dotato di 20 motori che gli consentono di muovere con naturalezza testa, braccia e schiena ed è basato, per la sua programmazione, sul sistema operativo Naoqi 2.0.

Nonostante il costo abbastanza sostenuto ne sono stati venduti nel mondo più di diecimila esemplari. Nella sua versione destinata ad attività di tipo commerciale, è stato utilizzato, per alcuni punti vendita giapponesi, da numerosi marchi (Nestlè, Loft, HSBC bank, Costa Crociere) come commesso, impiegato di banca o come steward di bordo durante alcune crociere.

2.1.7 ASIMO

Lo sviluppo da parte di Honda di un robot umanoide è iniziato nel 1986 e il robot ASIMO, completato il 31 ottobre 2000, è rimasto per molti anni il robot umanoide più avanzato mai creato. Oggi Honda ha sospeso la produzione di questo robot dedicandosi allo sviluppo di nuovi modelli. Presenta un'altezza di 130cm per un peso di 50kg e, l'ultima versione prodotta, implementa la capacità di realizzare un comportamento autonomo senza cioè la necessità di intervento esterno. È infatti capace di reagire in modo autonomo rispetto ai movimenti percepiti da parte delle persone che lo circondano e di adeguarsi alle varie situazioni. Ha un costo molto elevato che ne rende l'utilizzo in ambito di progetti di *assisted living* non facilmente perseguibile se non in situazioni specifiche.

2.1.8 I Cub

ICub è il robot umanoide sviluppato presso l'IIT (Istituto Italiano di Tecnologia di Genova) nell'ambito del progetto Europeo "RobotCub" e successivamente adottato da oltre 20 laboratori in tutto il mondo. È provvisto di 53 motori per il movimento delle varie parti del robot. Dispone di microfoni e telecamera che gli permettono di vedere e ascoltare. È provvisto a bordo di un PC industriale della famiglia PC104 (Intel Core 2 Duo). I sistemi di bordo sono composti da 20 schede a microcontrollore per il controllo dei motori e 16 schede per la gestione dei vari sensori. I sistemi off-board includono un cluster con 30-40 core e GPU (Graphic Processing Unit). Non dispone di una batteria e deve essere alimentato attraverso un cavo che realizza anche il collegamento con i sistemi off-board. Si tratta di una piattaforma robotica il cui utilizzo, anche per l'entità del suo costo, è prevalentemente nell'ambito della ricerca scientifica.



Figura 5. I Cub

2.1.9 SANBOT NANO

Sanbot Nano, prodotto dalla cinese Sanbot che è una delle aziende leader nella produzione di social robot e di servizio. In particolare, Nano è un social robot equipaggiato con l'assistente vocale Alexa di Amazon. È stato pensato per essere, come d'altra parte tutti gli assistenti vocali, un supporto per la gestione delle attività domestiche sia di tipo intrattenimento (eseguire un brano musicale, accendere il televisore, ecc.) o di gestione delle utenze domestiche (controllo illuminazione, elettrodomestici, ecc.). È una macchina del gruppo "intermedia" con una discreta dotazione di sensori a bordo e cui i costi sono medio bassi; questi fattori la rendono interessante per un utilizzo in ambito *assisted living*.

2.1.10 SANBOT ELF

Anch'esso prodotto dalla cinese Sanbot, è una macchina che, grazie al motore di *speech recognition* e all'uso di specifici algoritmi di intelligenza artificiale in *Cloud*, è in grado interagire con facilità con l'utente mediante comandi vocali. Dispone di una video camera 3D che permette al robot di riconoscere sia gesti che volti. Le altre due telecamere a bordo permettono al robot di acquisire immagini dell'ambiente circostante, delle persone e degli ostacoli rendendo possibile, grazie anche alla presenza di più di 60 altri sensori, operazioni di navigazione autonoma. Dispone inoltre di un sistema audio molto efficiente, un proiettore fino a 65" ed uno schermo HD integrato. È possibile, da parte dell'utente, interagire con la macchina anche sfruttando i sensori tattili di cui dispone e di uno schermo touch HD. Interessanti sono alcuni degli scenari previsti da parte del produttore per la sua applicazione nell'ambito dell'assistenza sanitaria, dell'istruzione e dell'accoglienza in alberghi, ristoranti o supermercati.

2.1.11 SANBOT MAX

Il Max, prodotto dalla cinese Sanbot, è una macchina classificabile nel gruppo delle macchine "pesanti" presentando un peso di circa 100kg. Il peso e le dimensioni (il robot è alto quasi 140cm) permettono al robot, come mostrato in Fig.5, di essere agevolmente attrezzato ed utilizzato per il trasporto di oggetti e/o persone. È inoltre in grado di regolare automaticamente il suo centro di gravità, garantendo una capacità di carico fino a 75 kg.

Dispone di un sistema di localizzazione ad alta velocità basato su tecnologia 3D multi-camera SLAM (Simultaneous Localization And Mapping), che gli permette di costruire autonomamente la mappa dell'ambiente circostante, la pianificazione del percorso evitando persone o cose e la sua localizzazione.

Il sistema di movimento (realizzato con quattro ruote motrici) permette gli spostamenti fino ad una velocità di 5m/s. Il sistema video di cui dispone gli consente di riconoscere correttamente gesti e volti.



Figura 6. Sanbot Max

2.1.12 ENON

ENON è un social robot sviluppato da Fujitsu con lo scopo di creare una macchina in grado di fornire servizi, nelle loro attività quotidiane, a persone anziane. Il suo nome è l'acronimo della frase "Exciting Nova On

Network", che vorrebbe esprimere la capacità del robot di supportare in modo autonomo le attività degli utenti mentre è collegato in rete. Dispone di una videocamera integrata che gli consente una visione ad alta risoluzione ed in tempo reale per attività di monitoraggio e controllo ambienti. Il particolare software di localizzazione e mappatura degli ambienti gli consente la navigazione autonoma e di il rilevamento degli ostacoli anche in ambienti complessi. È nella fascia dei robot "pesanti" (pesa 50kg) ed è in grado di trasportare carichi fino ad un massimo di 10kg posizionandolo nel compartimento interno del suo torace. Utilizzando un solo braccio (cinque gradi di libertà) è in grado di afferrare e manipolare oggetti fino a 500g. Ha inoltre funzioni di riconoscimento vocale e capacità di sintesi vocale

Manufacturer	UBTECH Robotics	UBTECH Robotics	ROBOTIS Co.,Ltd	SoftBank Robotics Holdings Corp.	SoftBank Robotics Holdings Corp.	SoftBank Robotics Holdings Corp.	
Model	Alpha 1 Pro	Lynx	ROBOTIS-OP2	NAO 6	ROMEO	PEPPER	
Dimensions	401x198x124 mm	438x218x121 mm	455x161x104 mm	574x311x275 mm	1467 mm	1210x480x425 mm	
Weight	1.65 kg	2.4 kg	3 kg	5.48 Kg	36.66 kg	28 kg	
Material	Structure	Aluminum alloy	Aluminum alloy	NA	NA	NA	Magnesium alloy
	Housing	ABS	PC+ABS	NA	NA	NA	Magnesium alloy
Control Method		APP, Voice Control		APP			
Connection	Bluetooth 3.0/4.0	Wi-Fi, BT 4.1	Eth.,WiFi,USB,HDMI	Eth, Wi-Fi, USB	Eth, Wi-Fi	Eth, Wi-Fi	
DOF	Total	16	18	20	25	37	34
	legs	5 × 2	NA	NA	NA	NA	No - 3-wheel drive
	hands	3 × 2	NA	NA	NA	NA	13 x 2
Onboard sensors	None	Capacitive touch, PIR,	None	contact, tactile, sonar, FSR, MRE	MRE, Force, tactile	Laser, IR, sonar, FSR, MRE	
External ports			3 x ADC /I/O Ports				
Inertial unit	No	6 DOF IMU	6 DOF IMU	6 DOF IMU	6 DOF IMU	6 DOF IMU	
Processor	STM32-F103RDT6	4 Cortex-A17	Cortex M3 STM32F103RE	Intel Atom E3845	Intel Atom Z530	Intel Atom E3845	
Built-in PC			Intel Atom N2600	Yes	Yes	Yes	
Internal Memory		4 GByte	4 GByte	2 GByte	1 GByte	4 GByte	
Operating System		Android 5.1	Linux/Windows	Linux (Gentoo)	NAOqi OS	NAOqi OS	
Video cameras	No	180° camera 13 Mpixel	video camera	2 video cameras up to 2560 x 1920	3 video cameras 1280x1024	3 video cameras 2560x1920	
Microphones	No	5 micr. array	3 micr. array	4 micr. array	4 micr. array	4 micr. array	
Speaker	3W mono speaker	stereo speakers		stereo speakers	stereo speakers	stereo speakers	
Battery	7.4v 2.05Ah – LiPo	11.1V 2.75Ah LiPo	11.1V 1.8Ah – LiPo	21.6V 2.9Ah – LiPo	NA	26.5V, 30Ah Li-Ion	
Battery life	≥ 60 minutes	NA	NA	60-90 minutes	NA	12 hrs	

Manufacturer	HONDA	Istituto Italiano di Tecnologia (IIT)	Sanbot	Sanbot	Sanbot	Fujitsu Ltd	
Model	ASIMO	iCub	Nano	Elf	Sanbot Max	Enon	
Dimensions	1300x450x340mm	1046x365x140 mm	848x395x421 mm	902x331x421 mm	1370x763x615 mm	1300x560x540 mm	
Weight	50 kg	23-25 kg	19 kg	19 kg	100 kg	50 kg	
Material	Structure	Aluminum alloy	NA	NA	NA	NA	
	Housing	Steel and Plastic	NA	NA	NA	NA	
Control Method	APP, Voice Control		APP, Voice Control	APP, Voice Control	APP, Voice Control	APP	
Connection	Wireless proprietary	Ethernet	Wi-Fi, BLE, ZigBee, IR	Wi-Fi, BLE, ZigBee, IR	Wi-Fi, BLE, ZigBee, Eth	Wi-Fi	
DOF	Total	57	53	10	10	28	20
	legs	6 x 2	6 x 2	No - 3-wheel drive	No - 3-wheel drive	No - 4-wheel drive	No - 3 wheel drive
	hands	7 x 2 ¹	9 x 2	1 x 2	1 x 2	10	1x2
Onboard sensors	Sonar, laser, IR, Kinesthetic	encoders, force and torque, tactile fingertips and skin on the entire body	Tactile, IR, PIR, Ultrasonic	Tactile, IR, PIR, Ultrasonic	Tactile, IR, RFID, PIR, Ultrasonic	Proximity, Bumper Switch	
External ports							
Inertial unit	2x 6 DOF IMU (foot + Torso)	6 DOF IMU	9 DOF IMU	9 DOF IMU	9 DOF IMU	NO	
Processor	Proprietary	None	NA	NA	NA	NA	
Built-in PC	Proprietary	PC104+	Yes	Yes	Yes	NA	
Internal Memory	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Operating System	Proprietary	Debian Linux	ROS1.1	ROS1.1	Android/LINUX/ROS/RTOS	NA	
Video cameras	2 video cameras (stereoscopic)	Stereo Camera	2 x Cameras	2 x Cam + 3D Cam	2 x Cam + 3D Cam	6 x Cam	
Microphones	8 micr. array	2 micr. array	7 micr. array	7 micr. array	7 micr. array	4 micr. array	
Speaker	stereo speakers	mono speaker	stereo speakers	stereo speakers	stereo speakers	stereo speakers	
Battery	51.8V – Li-Ion	None	20Ah - Li-Ion	20Ah - Li-Ion	36V 44.4Ah Lithium	24V 10.4Ah - NiMH	
Battery life	60 minutes	NA	4 hours	4 hours	18 hours	NA	

Tabella 2. Principali caratteristiche delle piattaforme robotiche umanoidi considerate nell'analisi

¹ not counting the joints for the 5 bending fingers. By considering the fingers they are 13x2

2.2 Studio degli aspetti legati all'uso di robot umanoidi come dispositivi di interfaccia utente di tipo multimodale

L'attività di ricerca ha permesso di analizzare le capacità, da parte di questa tipologia di piattaforme robotiche di tipo umanoide, di stabilire interazioni efficaci con una persona attraverso l'utilizzo dei diversi canali di comunicazione a loro propri con l'intento di veicolare nel modo più adeguato l'informazione verso il canale sensoriale maggiormente significativo per l'utente.

In particolare l'attività svolta in questa fase ha avuto l'obiettivo di migliorare le capacità sensoriali e operative del robot umanoide NAO prodotto da SoftBank Robotics in dotazione al Laboratorio di "Intelligenza Distribuita e Robotica per l'Ambiente e la Persona" dell'ENEA. Lo scopo dell'attività di ricerca è stato quello di rendere più efficace la sua interazione con le persone in quanto, attualmente, questa interazione non è particolarmente avanzata a causa delle limitazioni nella capacità di elaborare l'informazione audio/video da parte del processore a bordo del robot. Al fine di migliorare tali abilità, si è pensato di sfruttare le risorse messe a disposizione dai servizi Cloud di Intelligenza Artificiale per il riconoscimento del parlato e delle immagini.

I servizi di Intelligenza Artificiale online dispongono, come è ovvio, di potenze di calcolo infinitamente superiori a quelle disponibili a bordo di un robot [2]. Inoltre, gli algoritmi di elaborazione del segnale utilizzati sono estremamente avanzati ed in continuo aggiornamento e, infine, questi utilizzano enormi database continuamente popolati dalle centinaia di migliaia di utenti che utilizzano giornalmente questi servizi.

A questo proposito è stata effettuata un'analisi comparata dei servizi di riconoscimento vocale disponibili online (Alexa, Google Speech Recognition Service, Microsoft Azure, ecc.) al fine di valutare quello che meglio si potrebbe adattare allo specifico utilizzo.

A scopo di valutazione del sistema sono stati realizzati applicativi software (alcuni script scritti in linguaggio Python) che hanno permesso al robot di collegarsi e sfruttare alcuni dei servizi messi a disposizione dalla piattaforma remota.

Interfacciare il robot NAO con questi servizi di cloud ha permesso di estendere notevolmente la capacità del robot di riconoscere il parlato di una persona, aumentando considerevolmente la percentuale di parole correttamente riconosciute e quindi, più in generale, l'efficacia dell'interazione uomo-macchina.

2.2.1 Miglioramento delle capacità sensoriali attraverso interfacciamento con servizi AI

Il robot NAO possiede un microfono, un altoparlante e un software interno di riconoscimento e sintesi vocale. È quindi in grado di ricevere comandi vocali, di rispondere a voce alta e di agire in base ai comandi ricevuti. Analogamente, possiede una telecamera e un algoritmo di riconoscimento delle immagini. Può quindi realizzare foto e video, e riconoscere gli oggetti presenti in essi.

Tuttavia, l'efficacia dell'"udito" e della "vista" di NAO è limitata dalle ridotte dimensioni del processore e della memoria di bordo (limitazioni hardware) e dalla qualità dei suoi algoritmi (limitazioni software).

Per questo motivo NAO riconosce solo parole semplici e pronunciate lentamente, e i pochi oggetti presenti nella sua memoria (per esempio una palla rossa). Questo ne limita le capacità di interazione con soggetti che peraltro potrebbero avere difficoltà di parola o di movimento.

Lo scopo di questa parte di attività è l'interfacciamento di NAO con uno dei tipici di servizi AI disponibili su Cloud: il riconoscimento vocale.

2.2.2 Integrazione di capacità di riconoscimento vocale basata su Cloud per NAO.

È stata effettuata inizialmente un'accurata comparazione dei servizi di riconoscimento vocale disponibili gratuitamente online (Speech Recognition Service – SRS) e sono state individuate le possibili strategie di interfacciamento del robot con il SRS valutando le caratteristiche del servizio e, soprattutto, i tempi di latenza introdotti.

L'interfacciamento del robot con SRS è possibile tramite file di istruzioni elementari (script) che sono stati scritti in linguaggio *Python*. Questi script possono girare su PC o essere caricati direttamente su NAO. Nel caso gli script si trovino sul PC, la comunicazione col robot avviene per mezzo di una specifica libreria del framework di bordo Naoqi, al cui interno sono disponibili numerosi moduli e funzioni specifiche per ogni attività di NAO.

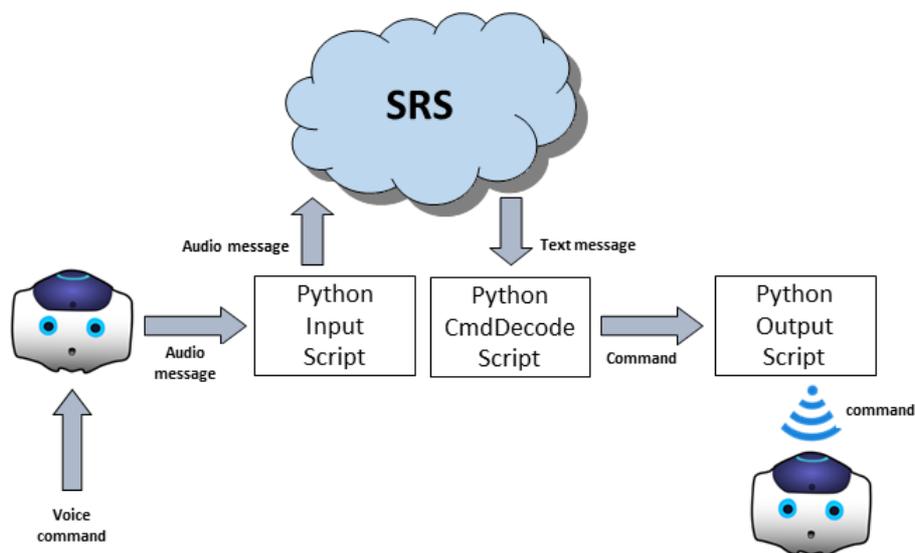


Figura 7. Interfacciamento di NAO ai servizi online SRS

Il sistema software di interfaccia verso il SRS è suddiviso in tre differenti script (Figura 7).

- Il primo script di input registra il comando vocale e lo invia al server che, dopo averlo analizzato, fornisce in uscita una stringa con il testo della frase decodificata.
- Un secondo script analizza la stringa di testo ricevuta dal server remoto e decodifica il comando.
- Il terzo script Invia un opportuno messaggio al robot che, a sua volta, lo pronuncia a voce alta ed esegue il comando ricevuto.

3 Conclusioni

L'attività di ricerca svolta dal gruppo di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" ha riguardato l'analisi sullo stato dell'arte di diverse piattaforme robotiche antropomorfe e del loro utilizzo possibili all'interno di ambienti domestici. Sono state analizzate diverse soluzioni commercialmente disponibili e altre sviluppate nell'ambito della ricerca tecnologica. Sono stati individuati dodici macchine con diverse caratteristiche sia per quanto riguarda le dimensioni, la tipologia di sensori e la potenza di calcolo a bordo.

In una seconda fase, poiché tali robot possiedono interfacce di tipo multimodale, sono state studiate le loro capacità di interazione l'utente al fine di aumentare la usabilità dei sistemi smart home ed agevolarne l'uso agli utenti fragili. In particolare, si è studiata la possibilità di migliorare le prestazioni del robot NAO in dotazione al Laboratorio di "Intelligenza Distribuita e Robotica per l'Ambiente e la Persona" dell'ENEA nell'ambito del riconoscimento vocale mediante l'utilizzo di sistemi di intelligenza artificiale disponibili in Cloud.

4 Riferimenti bibliografici

- [1] Pandey, A.K., Alami, R. and Kawamura, K., 2015. Developmental social robotics: an applied perspective. *International Journal of Social Robotics*, 7(4), pp.417-420.
- [2] Shiraz, M., Gani, A., Khokhar, R.H. and Buyya, R., 2013. A review on distributed application processing frameworks in smart mobile devices for mobile cloud computing. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 15(3), pp.1294-1313.
- [3] Pandey, A.K., Gelin, R., Alami, R., Viry, R., Buendia, A., Meertens, R., Chetouani, M., Devillers, L., Tahon, M., Filliat, D. and Grenier, Y., 2014, November. Romeo2 project: Humanoid robot assistant and companion for everyday life: I. situation assessment for social intelligence. In *International Workshop on Artificial Intelligence and Cognition, 2nd Edition* (Vol. 1315, pp. 140-147). CEUR Workshop Proceedings.
- [4] Pot, E., Monceaux, J., Gelin, R. and Maisonnier, B., 2009, September. Choregraphe: a graphical tool for humanoid robot programming. In *Robot and Human Interactive Communication, 2009. RO-MAN 2009. The 18th IEEE International Symposium on* (pp. 46-51). IEEE.
- [5] Shamsuddin, S., Yussof, H., Ismail, L., Hanapiah, F.A., Mohamed, S., Piah, H.A. and Zahari, N.I., 2012, March. Initial response of autistic children in human-robot interaction therapy with humanoid robot NAO. In *Signal Processing and its Applications (CSPA), 2012 IEEE 8th International Colloquium on* (pp. 188-193). IEEE.
- [6] Mubin, O., Stevens, C.J., Shahid, S., Al Mahmud, A. and Dong, J.J., 2013. A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning*, 1(209-0015), p.13..
- [7] Erden, M.S., 2013. Emotional postures for the humanoid-robot NAO. *International Journal of Social Robotics*, 5(4), pp.441-456.

Curriculum scientifico del gruppo di lavoro

Prof. Vincenzo Bonaiuto received, in 1997, the PhD in Telecommunication and Microelectronics from University of Rome Tor Vergata. From 1996 to 2002, he was Assistant Professor in Electrical Engineering and, in March 2002, at the same university he joined as an Associate Professor.

His main research interests are in the field of the hardware design for real time signal processing by using analog as well as digital solutions (DSP, FPGA, etc.). He published more than 100 papers on international journal and conferences and he was reviewer of several projects for Italian Ministry of Research as well as for international journals and conferences.

Prof. Bonaiuto, in his research activity, has developed wide skills in the design of systems for conditioning and signal analysis and in the design, construction and testing of electrical and electronic systems.

He participated in several projects funded by Italian Research Ministry (PRIN). Since 2009, he is involved in the experiment NA62 at CERN and he is working on the project of the electronics section of Trigger and Data Acquisition System. In 2017, he founded, at the University of Rome Tor Vergata, the Sport Engineering Laboratory where his research group is developing electronics systems based on multi-sensors wearable devices suited for the monitoring of the human movement for the assessment of sport performances.