



# Robotica ed Animazione Digitale



Prof. Alberto Borghese  
Dipartimento di Scienze dell'Informazione  
[borgnese@dsi.unimi.it](mailto:borgnese@dsi.unimi.it)

Università degli Studi di Milano



## Riassunto



- **Cos'è la robotica?**
- Introduzione al corso.
- Breve storia della robotica.
- Gli androidi.
- Interfaccia uomo-robot.
- Riflessioni



## 4) La robotica



**Prospettiva Robotica.** Robotica antropomorfa. Animatronica. (K. Capek, 1921, Asimov, 1944). “Force through intelligence” - “Where AI meet the real world”.



A.A. 2008-2009

3/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Da dove deriva la parola robotica?



Parola coniata dallo drammaturgo ceco Karel Capek per indicare il lavoro non volontario.

Introdotta nella sua opera teatrale “R.U.R. (Rossum’s Universal Robots)”, Gennaio 1921.

I robot di Capek erano creati mediante procedimenti chimico/biologici, non erano meccanici.

Il termine *robotica* si riferisce allo studio ed all’uso dei robot. Coniato ed usato per la prima volta dallo scienziato e scrittore Isaac Asimov.

Utilizzato in “Runaround”, una storia pubblicata nel 1942.

A.A. 2008-2009

4/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Le leggi della Robotica



**Legge zero** Un robot non può causare danno all'umanità, o, a causa della sua inazione, permettere che l'umanità venga danneggiata.

**Prima legge** Un robot non può causare danno ad un essere umano, o permettere che un essere umano venga danneggiato.

**Seconda Legge** Un robot deve obbedire ad un ordine impartito da un essere umano.

**Terza legge** Un robot deve proteggere se stesso.



## Definizioni del termine "robot"



“Un manipolatore riprogrammabile e multifunzionale progettato per spostare materiali, componenti, attrezzi o dispositivi specializzati attraverso vari movimenti programmati per la realizzazione di vari compiti” *Robot Institute of America, 1979*

“Force through intelligence”

“Where AI meet the real world”

*è un po' datata....*

“macchina automatica capace di svolgere, con opportuni comandi, alcune funzioni o attività proprie dell'uomo; automa meccanico”

*Dizionario Garzanti*

Androidi.....



## Caratteristiche di un robot



**Programmabilità** capacità di elaborazione che il progettista può combinare come desidera.

**Mobilità** possibilità di interagire fisicamente con l'ambiente.

**Flessibilità** capacità di esibire un comportamento adatto alla situazione.

**Autonomia**



## Meccatronica (from low to high level)



La differenza tra computer, sistemi di controllo e robot, può essere sfumata.

La caratteristica principale che contraddistingue un robot è la presenza di sensori e attuatori.

La robotica copre concetti e conoscenze derivanti da almeno tre campi:

- meccanica
- elettronica
- informatica
- chimica (più recentemente)



## Riassunto



- Cos'è la robotica?
- **Introduzione al corso**
- Breve storia della robotica.
- Gli androidi.
- Interfaccia uomo-robot.
- Riflessioni.



## Robotica ed Animazione Digitale (6cfu)



**Docente: Prof. N. Alberto Borghese:** [borgnese@dsi.unimi.it](mailto:borgnese@dsi.unimi.it)

**Esercitazioni: Dott. Paolo Tirelli:** [tirelli@dsi.unimi.it](mailto:tirelli@dsi.unimi.it)

### Orario e aule:

Lunedì	Ore 13.30-15.30	Aula Alfa, Via Comelico
<b>Giovedì</b>	<b>Ore 14.30-16.30</b>	<b>Ais-Lab, Via Celoria</b>

Orario di ricevimento: giovedì ore 16.30-17.30 c/o Ufficio DSI di via Celoria.

**Strumento principale di contatto: email!**

*[http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/  
Teaching/Robotica\\_DigitalAnimation/\\_ROB\\_DA.html](http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/Teaching/Robotica_DigitalAnimation/_ROB_DA.html)*



## Programma



[http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/Teaching/Robotica\\_DigitalAnimation/Programma.html](http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/Teaching/Robotica_DigitalAnimation/Programma.html)

- Visione e input sensoriale, e percezione.
- Movimento e cinematica.
- Pianificazione, comportamento e conoscenza.
- **Progettazione e realizzazione di un braccio robotico (meccanica, elettronica, controllo).**

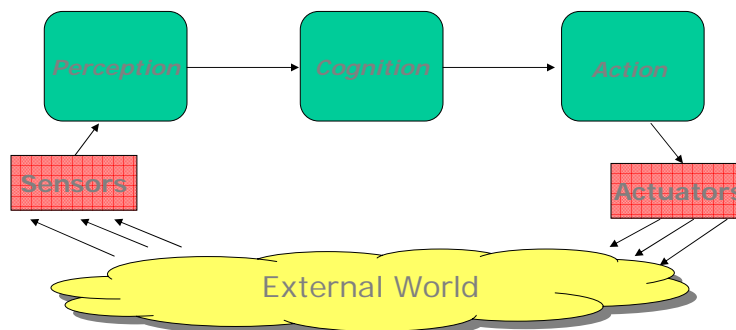
Materiale didattico:

[http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/Teaching/Robotica\\_DigitalAnimation/References.rtf](http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/Teaching/Robotica_DigitalAnimation/References.rtf)

Esame: progetti di laboratorio basati sugli argomenti visti a lezione + progetto finale.



## Intelligent Complete Robot



Circular reaction – Piaget, 1956

PDP – Parallel Distributed Processing



# Autonomy



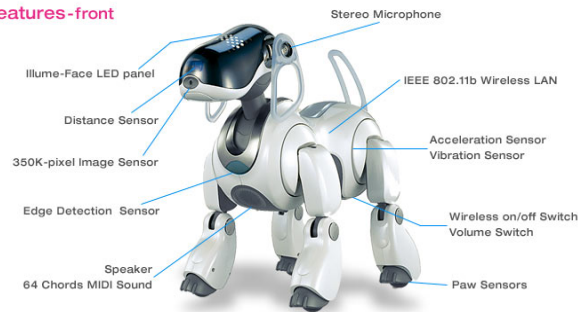
- Perception
  - Sensing, modeling of the world
- Cognition
  - Behaviors, action selection, planning, learning
  - Multi-robot coordination, teamwork
  - Response to opponent, multi-agent learning
  - Modeling the world
- Action
  - Motion, navigation, obstacle avoidance



# Aibo – Sony – ultima versione: 2003



## ► Features-front



ERS7

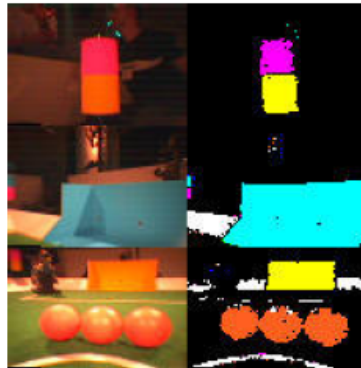
- Visione
- Movimento
- Coordinazione, flotta di robot (Wifi 802.11b).
- Sensoristica.

Linguaggio di programmazione: C++; ambiente di sviluppo OPEN-R; sistema operativo real-time, Aperios.





## Esempio di input sensoriale



- Real-time and robust
- Effective calibration
- Colored blobs identified as objects
- Confidence computed



15-491 CMRoboBits

A.A. 2008-2009

15/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



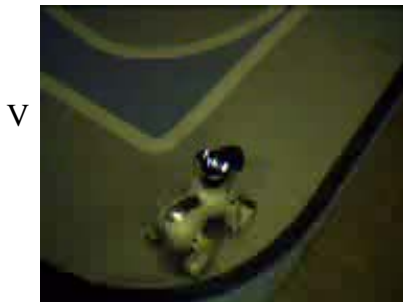
## Aibo in action



### Climbing the Wall

CORAL Research Group  
Carnegie Mellon University

<http://www.cs.cmu.edu/~coral>



V

V

A.A. 2008-2009

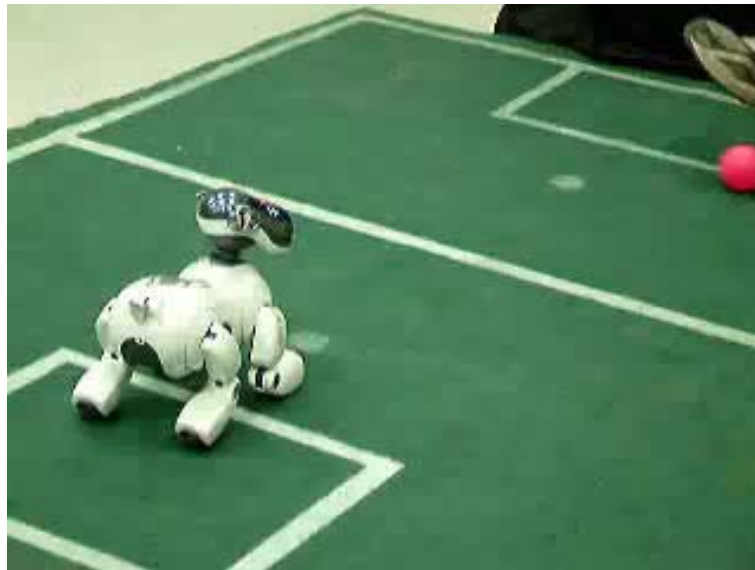
16/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>





## Our goal-keeper



A.A. 2008-2009

17/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Installare OPEN-R SDK - Prerequisiti -



- A UNIX compatible environment, such as Linux, Mac OS X. For Windows, the Linux-like environment, Cygwin, should be installed.
- **Mac OS X Users Note:** You must have installed the BSD Subsystem package and the Developer Tools (XCode) in order to build the development environment.
- **Linux Ubuntu users:** You will need to: `sudo apt-get install flex gettext patch bison texinfo make g++`.
- **Windows users:** install Cygwin first and afterwards Open-R.
- Tutti i pacchetti necessari sono contenuti alla pagina WEB:  
<http://homes.dsi.unimi.it/~tirelli/robotics/software/software.htm>. Una guida passo passo all'istallazione è presente alla stessa pagina.
- Per un'istallazione automatica invece, seguire le slide successive.

A.A. 2008-2009

18/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Installare Cygwin 1/2 -



- Download [setup.exe](http://www.cygwin.com) from [www.cygwin.com](http://www.cygwin.com)
- Run setup.exe, stepping through the screens of the installer: [Title screen]
- Choose "Install from Internet"
- Defaults are recommended (install to "C:\cygwin")
- Choose a location for temporary package installation files
- Choose your internet connection (probably best to leave it with the default "Direct Connection" unless you know better)
- Choose a mirror (planetmirror.com near the bottom works well for us)
- Select custom packages, make sure the following are selected:
  - **make**, **gcc-g++**, **flex** from the "Devel" section
  - **rsync** from the "Net" section
  - **util-linux** from the "Text" section
- In addition, these are highly recommended:
  - **cvs**, **patchutils** from "Devel"
  - **openssh** from "Net"
- ...feel free to choose additional packages you would like to have!
- Stick the setup.exe into the cygwin installation directory (C:\cygwin). You can re-run it later to install new packages if you find something missing, or update your currently installed ones.



## Installare Cygwin 2/2



- Open a cygwin terminal. (the installer probably put an icon on your desktop) Type 'echo \$PATH'
- Take a look at the output -- this is the list of directories which will be searched for executables, and they will be searched in the order listed. If it looks like the WINDOWS/system32 directory will override /usr/bin (i.e. it comes earlier in the list), you will need to fix that.
  - Fix #1: If /etc/profile is missing, copy it from /etc/defaults/etc/profile
  - Fix #2: Edit/create either /etc/profile or .bash\_profile in your home directory, and add a line:  
export PATH=/usr/bin:\$PATH



## Installare OPEN-R SDK



- <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/Web/People/tekkotsu/openr-install.html>
- Seguire le istruzioni riportate, ignorando le parti specifiche relative all'installazione del software Tekkotsu.
- File necessari:
  - [build-aibo-toolchain-3.3.6-r2.sh](#)
  - [gcc-3.3.6.tar.bz2](#) (22.9MB, do not unzip, [mirrors](#))
  - [binutils-2.15.tar.bz2](#) (11.0MB, do not unzip, [mirrors](#))
  - [newlib-1.15.0.tar.gz](#) (10.2MB, do not unzip, [mirror](#))
  - [OPEN\\_R\\_SDK-1.1.5-r5.tar.gz](#) (11.9MB, do not unzip)



## Installare Open-R SDK - Procedura d'installazione



- Scarica tutti i file presenti nella precedente lista e inseriscili in una directory temporanea.
  - Se usi cygwin, inserisci tutti i file in una cartella all'interno dell'albero delle cartelle di Cygwin (e.g. home).
- The build script will install the toolchain into /usr/local/OPEN\_R\_SDK. If you prefer a different location, edit build-aibo-toolchain-3.3.6-r2.sh now.
  - If you change the installation directory, you will need to assign the path to the OPENRSDK\_ROOT environment variable so Tekkotsu's build scripts will be able to find it later.
- Run build-aibo-toolchain-3.3.6-r2.sh (and go find some articles to read...)
  - You may need to 'chmod a+x build-aibo-toolchain-3.3.6-r2.sh' first.
  - You may also need to run the script as root, or otherwise create the OPEN\_R\_SDK directory and ensure your user account write access.
- Your target directory (i.e. /usr/local/OPEN\_R\_SDK) should now contain:  
OPEN\_R/ include/ lib/ mipsel-linux/  
bin/ info/ man/ share/



## Braccio Robotico

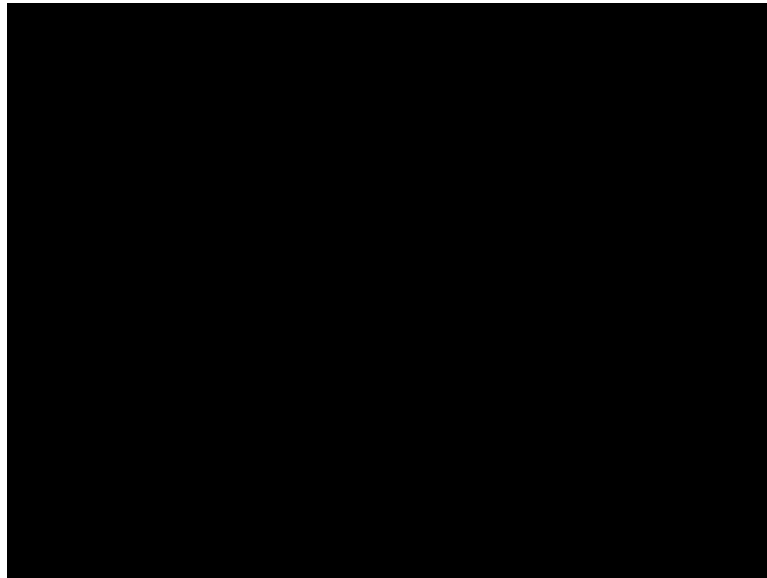


- 3 d.o.f.
- altezza massima raggiungibile superiore ai 2 metri.
- richiudibile su se stesso
- sensoristica integrata
- programmabile
- interfacciabile con un computer
- modificabile ed espandibile

ase\



## Il nostro braccio robotico per robocup@home



A.A. 2008-2009

24/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Robotics theses available



Saranno basate sullo sviluppo del braccio robotico di AIS-Lab.

- Pianificazione visuo-motoria (calibrazione visione-movimento, elaborazione delle immagini, programmazione del movimento per alcuni task).
- Task di “rescue”, pianificazione del movimento in ambienti parzialmente noti (costruzione di una base mobile, controllo della base, coordinazione tra movimenti della base e del braccio, navigazione).
- Esplorazione di ambienti a partire da mappe predefinite. Autolocalizzazione.
- Realizzazione di una pinza robotica ad alte prestazioni e suo controllo per interazione con oggetti di diverso tipo (fragili, pesanti, ingombranti...), definizione automatica delle modalità di presa a partire dalla visione degli oggetti (visione attiva, affordances).



## Siti Web interessanti



- **CMU:** <http://www.cs.cmu.edu/~coral>
- **Braccio robotico:** @home RoboCup: <http://www.robocup.org>
- **OpenR** Web page: <http://www.cs.cmu.edu/~tekkotsu/openr-install.html>
- **Tekkotsu:** è uno sforzo internazionale per costruire delle API per AIBO: <http://www.cs.cmu.edu/~tekkotsu>
- **Urbi:** (Universal Robotics Body Interface) ([urbi.sourceforge.net](http://urbi.sourceforge.net)): linguaggio basato su reti client/server via Wireless; comandi via Telnet o con programmi in C++ o Java.
- **AIS-Lab:** sito sulla robotica: [http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/Research/AIBO/Aibo\\_at\\_AIS-lab.html](http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/Research/AIBO/Aibo_at_AIS-lab.html)



## Riassunto



- Introduzione al corso.
- Cos'è la robotica.
- **Breve storia della robotica.**
- Gli androidi.
- Interfaccia uomo-robot.
- Riflessioni.



## I primi automi



- Cina. Statuette raffiguranti umani, 7,000 a.C.
- Egitto. Statue animate: 3,000 a.C.
- Tebe. Incoronazione dei re da una statua animata.
- Automi di Efesto (Iliade). Cavallo di Troia (1,000 a.C.).
  
- Teste parlanti degli alchimisti (Medio Evo)
- Golem (creatura di argilla del XV secolo – Praga)
- Leonardo da Vinci disegnò il primo “robot” nel 1500.



## I robot nella storia::marionette



**Automi** a orologeria (XVIII secolo)

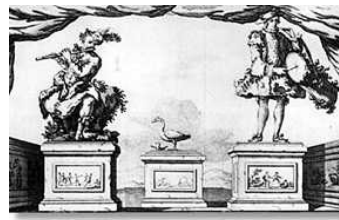
Mostro di Frankenstein (Mary Shelley 1818)

Gli automi erano concepiti come ora sono concepiti i robot androidi.

Erano visti come una prova dell'inventiva umana.

Omaggio alla complessità della natura umana.

Omaggio all'abilità dell'inventore.



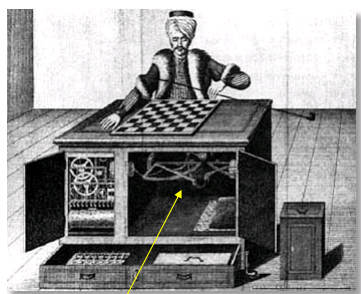
A.A. 2008-2009

29/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## I precursori dell'animatronica



Il giocatore di scacchi,  
Wolfgang von Kempelen, 1769



La musicista,  
Pierre Jaquet-Droz, (1753-1791)  
(cf. Waseda – II)

Scomparto per  
nascondere  
l'aiutante (nano)

[http://access.tucson.org/~michael/hm\\_intro.html](http://access.tucson.org/~michael/hm_intro.html)

A.A. 2008-2009

30/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## I robot industriali



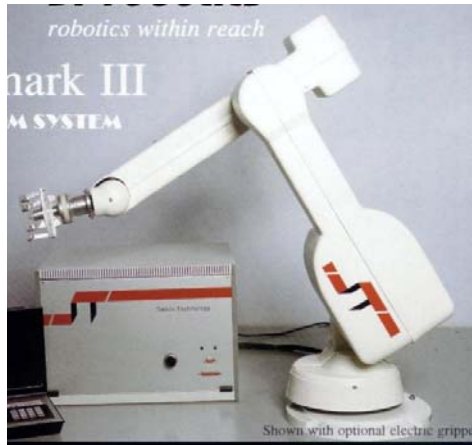
Primo brevetto di un robot industriale 1954 (manipolatore meccanico programmabile)

General Motors 1961 – primi robot industriali produttivi

In Italia invece il primo robot ad essere realizzato risale al 1969 dalla DEA, si trattava di una macchina per effettuare la saldatura a punti.

Un'altra società italiana la "Olivetti" nel 1973 costruì, per uso interno, un sistema di montaggio a più bracci, **nel quale vennero utilizzati per la prima volta dei sensori tattili**. Era il prototipo del modello che sarebbe stato commercializzato dal 1976 con il nome di SIGMA (robot di seconda generazione).

Verso la metà degli anni '70 alla robotica industriale si uniscono le grandi case automobilistiche ed altre grandi aziende, come ACMA(Renault), COMAU(Fiat), Volkswagen ecc.



A.A. 2008-2009

31/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## I robot di prima generazione (i bracci robotici, 1970)



Sono macchine programmabili senza possibilità di controllo delle modalità reali di esecuzione e senza comunicazioni con l'ambiente esterno.

I robot della prima generazione erano apparecchiature a bassa tecnologia, che **non operavano sotto servocontrollo**. Di conseguenza, venivano comunemente soprannominati "robot fracassoni" a causa del rumore prodotto dai bracci che urtavano con i fermi meccanici usati per limitarne i movimenti.

Quasi tutti i robot della prima generazione erano a funzionamento pneumatico ed i loro regolatori automatici generalmente consistevano in elementi logici ad aria, ossia in tamburi a dividere segmenti da camme che servivano ad attivare delle valvole a sfiato d'aria, o un relè che controllavano delle valvole pneumatiche a solenoide.

La prima generazione di robot degli anni sessanta veniva essenzialmente impiegata per il carico/scarico delle macchine o per svolgere semplici operazioni di movimentazione dei materiali.



A.A. 2008-2009

32/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>





## I robot di seconda generazione (la catena di montaggio)



Sono macchine programmabili a **comportamento autoadattivo** con elementari possibilità di riconoscimento dell'ambiente esterno.

Nel caso dei robot della seconda generazione, si trattava di meccanismi a media tecnologia, **dotati di servocontrollo**, che potevano essere programmati per spostamenti da punto a punto o lungo un percorso continuo.

Il controllo avveniva tramite **regolatori logici programmabili o minicomputer** ed erano **programmabili on line** per mezzo di una piccola teach-box area.

I robot della seconda generazione disponevano di **software dedicati per applicazioni specifiche (bassa flessibilità)**. Quindi, se il robot era destinato a svolgere un determinato compito, come per esempio il carico di una macchina, era molto difficile impiegare lo stesso robot per un'altra operazione, come per esempio la saldatura a resistenza. Per farlo, sarebbe stato necessario modificare sostanzialmente il sistema di controllo ed il software operativo.

Inoltre i robot della seconda generazione dispongono di capacità diagnostiche di basso livello, che generalmente si limitano a segnalare le avarie all'operatore tramite spie luminose. Spettava quindi all'operatore risalire alle effettive cause dell'avaria. La seconda generazione degli anni settanta era in grado di svolgere compiti più complessi, quali il controllo dei centri di lavoro o la saldatura delle carrozzerie.



A.A. 2008-2009

33/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## I robot di terza generazione (esplorazione)

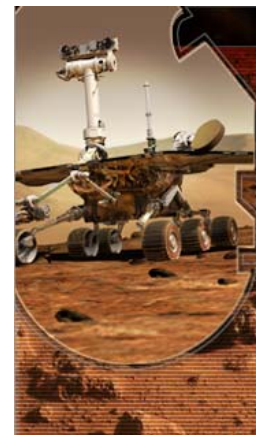


- Sono macchine autoprogrammabili interagenti con l'ambiente esterno e l'operatore **in modo complesso (visione, voce, ecc.)** in grado di **autoistruirsi per l'esecuzione di un compito assegnato (intelligenza artificiale)**.

- I robot della terza generazione sono apparecchiature ad alta tecnologia che operano sotto **servocontrollo** e **possono essere programmate** per spostamenti da punto a punto o lunghi percorsi continui. La programmazione può avvenire on line per mezzo di una tastiera prensile oppure **off line attraverso un videoterminale**.

- Questo tipo di robot utilizza linguaggi di programmazione ad alto livello e può essere interfacciato con una banca dati CAD o con un calcolatore host per il carico/scarico di programmi oggetto. I sistemi di controllo disponibili sono in grado di elaborare dati sensoriali per regolare adattivamente i movimenti e compensare i cambiamenti di posizione ed orientazione dei pezzi.

- Inoltre, grazie al feedback dei dati sensoriali ed all'interfacciamento con una banca dati CAD o un calcolatore host, i robot della terza generazione possono inviare dei messaggi all'operatore, per descrivere la natura e l'ubicazione delle eventuali avarie.



Rover spirit (Marte)

A.A. 2008-2009

34/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



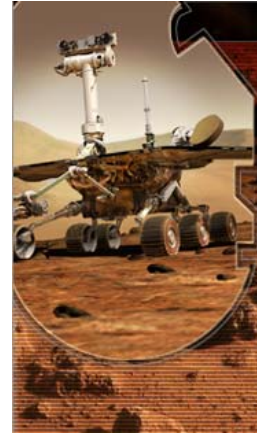
## I robot di terza generazione (esplorazione)-II



- Attualmente, i robot di questo tipo sono impiegati per eseguire compiti "intelligenti", come la saldatura ad arco adattiva, nel corso delle quali il robot utilizza la visione o la percezione "attraverso l'arco" per localizzare il giunto di saldatura ed ottenere informazioni di guida del movimento.

- Per mezzo della programmazione off line e della percezione visiva, questi robot sono utilizzati anche per la prova non distruttiva di componenti, specialmente laddove sono presenti superfici complesse e profili sagomati.

- La terza generazione (fine anni 80) si è ormai evoluta al punto di riuscire a svolgere operazioni altamente sofisticate come le ispezioni tattili, le lavorazioni a mano libera, le saldature ad arco adattive e le operazioni di assemblaggio, anche di piccoli pezzi, con elevata accuratezza, superiore a quella umana.



Rover spirit (Marte)



## Darpa Grand Challenge – 2005-2007



Team CyberRider is comprised entirely of volunteers. Based in Orange County, the team is a non-profit organization

<http://www.darpa.mil/grandchallenge/>



## DARPA great Challenge - 2006



220km nel deserto della California.  
Navigazione completamente autonoma.  
4 (su 23) veicoli hanno terminato il percorso.

2007 – Urban environment

A.A. 2008-2009

37/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Darpa Grand Challenge - 2006



Terra max. Loop avanti e indietro. Sponsor: "Osh-kosh"

<http://www.darpa.mil/grandchallenge/>

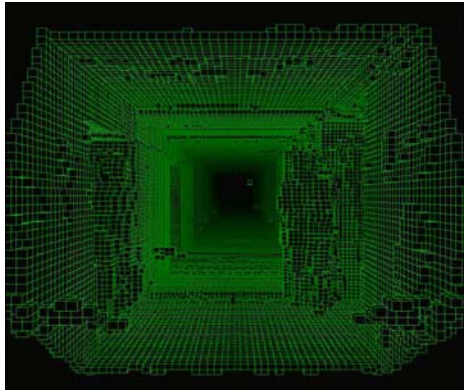
A.A. 2008-2009

38/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Kurt-2 - exploration



Equipaggiato con laser finder 3D.  
Estrazione di piani mediante approccio ad octree.

A.A. 2008-2009

39/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Kurt-2 - exploration



Castello di  
Birlinghoven

A.A. 2008-2009

40/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>




**USC Robotics**  
Research Labs

**AVATAR**

VISION BASED  
AUTONOMOUS  
LANDING

LANDING NUMBER 5

**L'elicottero di USC  
autonomous pilot**

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



## Robot "soldato di fanteria"





Talon  
robot



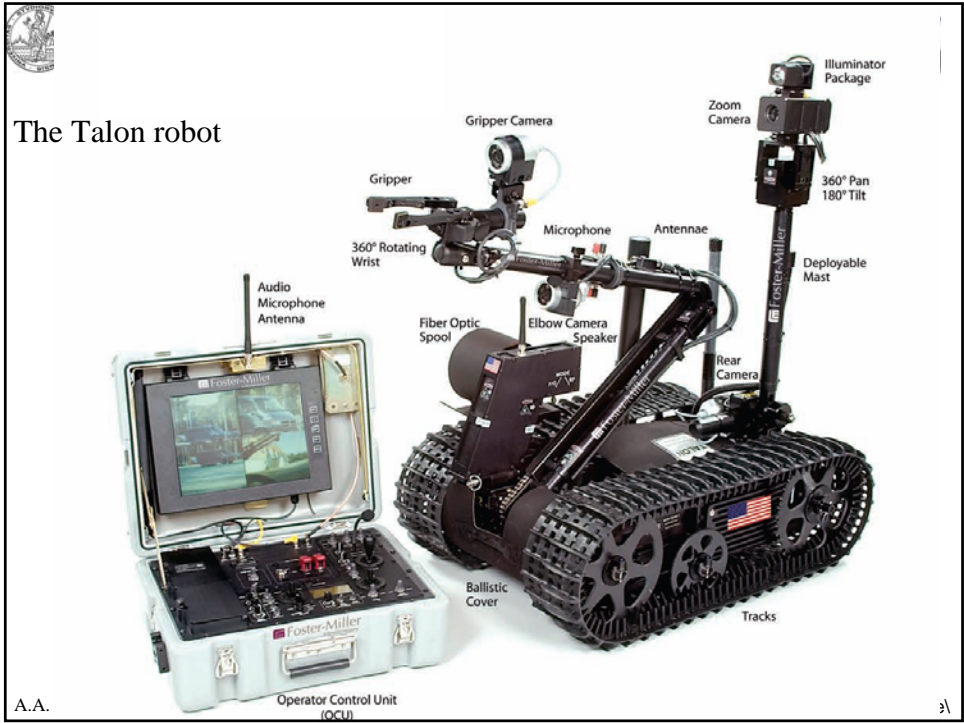




A.A. 2008-2009

42/81


<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>




The Talon robot

A.A.

31



## Talon robot – spec - I



**TALON® Vehicle Dimensions** Height (arm stowed): 18 in. (42.7 cm) Height (arm extended): 52 in. (1.3m) Width: 22.5 in. (57.2 cm) Length: 34 in. (86.4 cm) Horizontal reach: 52 in. (1.3m) Below grade reach: 24 in. (0.6m) Ground clearance: 2.75 in. (7 cm) Deployable mast height from ground 40.5 in. (1.038m)

**Weight** 115 to 156 lb (52 to 71 kg) (Mission profile dependent)

**Maneuverable Speed** 0 to 5.2 mph (8.3 km/hr), variable speed settings 0 to 7.6 ft/sec (2.3m/sec)

**Maneuverability Control** Intuitive joystick control at all speeds

**Obstacle Navigation** Up to 43 deg stairs, 45 deg slide slope, 15 in. (38 cm) of snow, demolition rubble

**Payload Capacity** 100 lb (45 kg)

**Drag Capacity with Gripper** Up to 250 lbs (113 kg)

**Tow Capacity** Up to 1500 lbs (680 kg)

**Arm Lift Capacity** 10 lb (4.5 kg) at full extension 20 lb (11 kg) max capacity Intuitive joystick controls for upper and lower arm 180 deg pitch lower arm/270 deg pitch upper arm

**Gripper Capacity** 30 in.-lb of gripping strength 6 in. (15.2 cm) wide opening manual 180 deg wrist OCU controllable 360 deg rotating wrist (optional)

**Operator Control Unit (OCU) Dimensions**  
Height: 9 in. (22.9 cm) Width: 16 in. (40.6 cm) Length: 19 in. (48.3 cm) Weight: 33 lb (15 kg)

**Robot Rechargeable Battery Endurance**  
Two Lead Acid, 300 W-hr, 36 Vdc, 2.8 hr battery life at typical operational speed (rechargeable) One Lithium Ion (optional) 750 W-hr, 36 Vdc, 4.5 hr at typical operational speed

**OCU Rechargeable Battery Endurance** Nickel metal hydride 3.6 A-hr 24 Vdc for 2 hr Lithium Ion (optional) 4 hr

**OCU/Robot Communications**

Wireless Options

- Digital data/analog video (standard), 500 to 800m line of sight (LOS) digital video (optional)
- High gain antenna (optional) extends range to 1200m LOS

Fiber Optics

- Buffered cable 300m

A.A. 2008-2009 44/81 <http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Talon robot – spec II



### Cameras

- Three infrared illuminated cameras (gripper, elbow, rear). Pixels (HxV): NTSC: 510 x 492
- Auto focus color zoom camera 300:1 (12X optical - 25X digital)
- Illumination package powered by vehicle battery. Can be turned on remotely from OCU

The OCU adjusts zoom camera(s) and individually displays images from each camera or from four cameras at one time on a quad split screen.

### Optional Cameras

- Thermal color
- Thermal B&W
- Night vision

### Environmental

The TALON robot and its OCU are water resistant and designed to operate in a heavy downpour without protection. Equipment operates in all climates, weather, temperatures and conditions including mountains, deserts, snow/ice, demolition rubble and heavy wet mud.

**Audio** Two-way audio Loud Hailer: 120 decibels max.

### Vehicle Communication Ports

Two isolated firing circuits (optional) Two RS 232 ports available for payload interface and one USB

### Optional Sensors • Radiological

- Chemical warfare (CW)
- Toxic industrial chemical
- Toxic industrial material
- Explosives
- Temperature

### Additional Tools/Accessories

Universal disrupter mount PAN, RE-73, Royal Arms Shotgun mount Portable X-ray mount (pending) Wire cutting tool GPS compass Heavy duty tracks and sprockets Reusable shipping/storage containers Arm ski (ascending and descending tool) Scraper

### Support/Training

2.5 days of operator/maintenance training in Waltham, MACD-ROM based operator and maintenance manuals One year parts and labor

A.A. 2008-2009 Factory service, maintenance, spare parts and customized training available <http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Robot “soldato di fanteria”



The “competitor”: Ferret robot



A.A. 2008-2009

46/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Cosa spinge l'evoluzione dei robot



- Chip sempre più veloci (Moore law).
- Sensori miniaturizzati.
- Algoritmi “intelligenti”.
- Embedded networking devices.



## Riassunto



- Introduzione al corso.
- Cos'è la robotica.
- Breve storia della robotica.
- **Gli androidi.**
- Interfaccia uomo-robot.
- Riflessioni.





## I robot umanoidi (androidi), quarta generazione: il futuro



**ANDROIDE** - O umanoide. Questo prodotto della robotica viene così definito (da Webster): « **Un automa con figura umana che imita le azioni e funzioni umane**».

**Da un lato la ricerca si è concentrata sui sorprendenti umanoidi, simili a dei manichini, come Actroid, con visi di silicone, truccati e vestiti.**

**Dall'altro su umanoidi, bipedi, con forme umane ma simili ai robot dei cartoni animati, con capacità di apprendimento e di varietà di repertorio motorio.**

Sono anche un mezzo per indagare l'interazione sociale degli umani.

Sono robot sociali, non più necessariamente industriali. Sono più vicini agli automi del rinascimento.

A.A. 2008-2009

49/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## I primi robot umanoidi: Wabot – I: 1970



Primo Robot androide.

Era un robot **generico**.

Braccia e gambe robotiche.

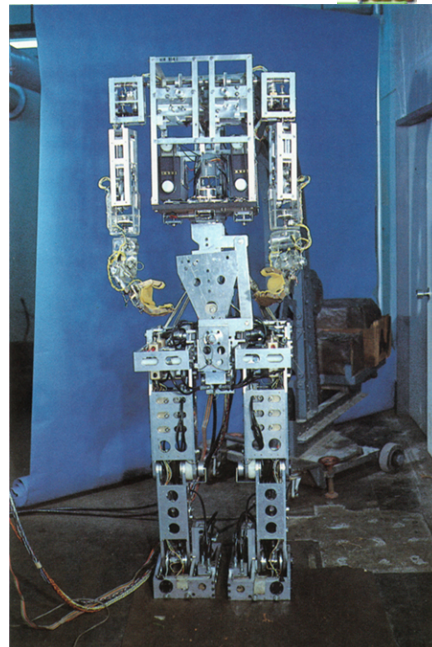
Sensori visivi e tattili.

Interazione mediante il linguaggio.

Capacità di presa e trasporto.

Capacità di valutazione delle distanze.

Hirokazu Kato  
Watanabe University



A.A. 2008-2009

50/81



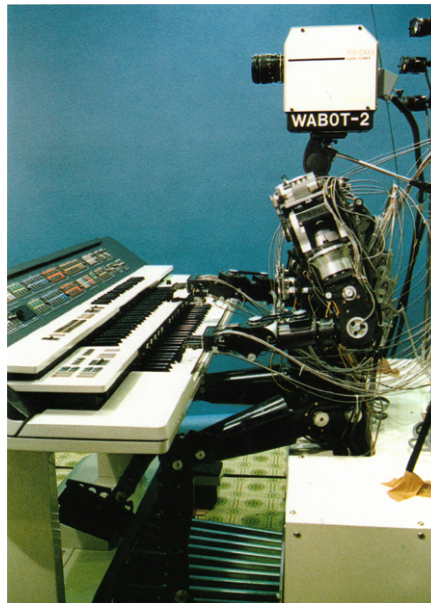
## I primi robot umanoidi: Wabot – II: 1984



Robot **specializzato** nel suonare con l'organo pezzi di media difficoltà.

Primo robot androide **personalizzato**.

Hirokazu Kato  
Watanabe University



A.A. 2008-2009

51/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



## Cog – dal 1995 (MIT)



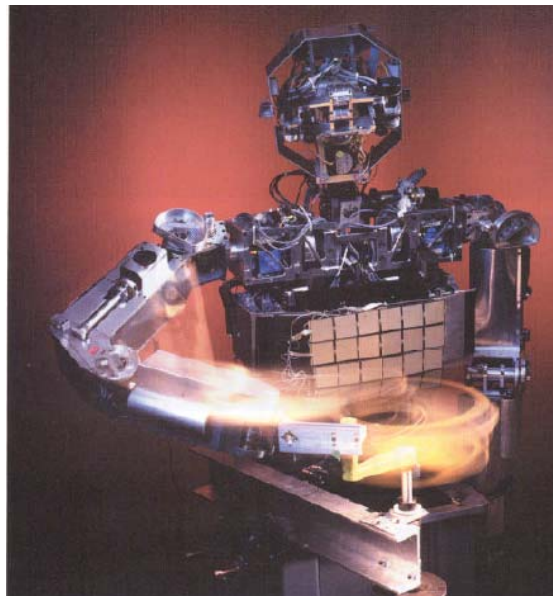
Movimenti oculari.

Riconoscimento  
oculare.

Riconoscimento facce.

Controllo distribuito.

Percezione distribuita.



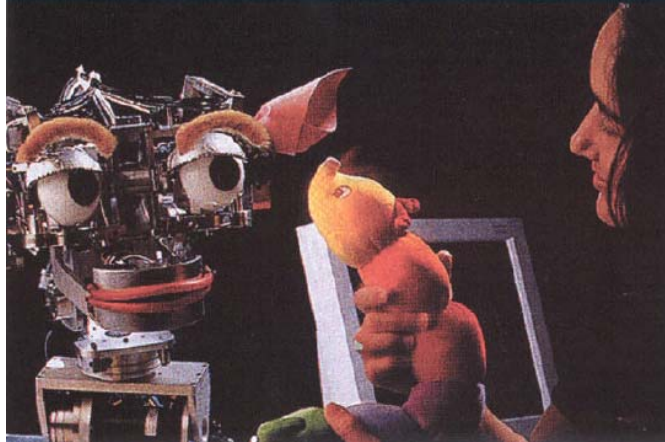
A.A. 2008-2009



## Kismet, 1998 (sostituita da Leonardo)



Figure 2. Kismet is an active-vision head with a neck and facial features. It has four cameras (two in the steerable eyes and two wide-angle ones embedded in its face) and active eyebrows, ears, lips, and a jaw. Altogether, it includes 17 motors. A new-generation Kismet is under construction.



Esperimenti di relazione emotiva sociale.

A.A. 2008-2009

53/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Alcuni androidi – Actroid – 2003 - Kokoro



**Actroid** – guida nei musei e ai ristoranti.

1,58cm per 30 kg.

Pelle al silicone.

Capacità di esprimere 40 diverse  
“emozioni”.

Motori pneumatici.



A.A. 2008-2009

54/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Asimo – Honda -2000



<http://world.honda.com/ASIMO/P3/>

Investimento di 10 anni e 100 milioni di dollari.

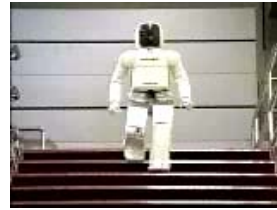
A.A. 2008-2009

55/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Asimo sulle scale



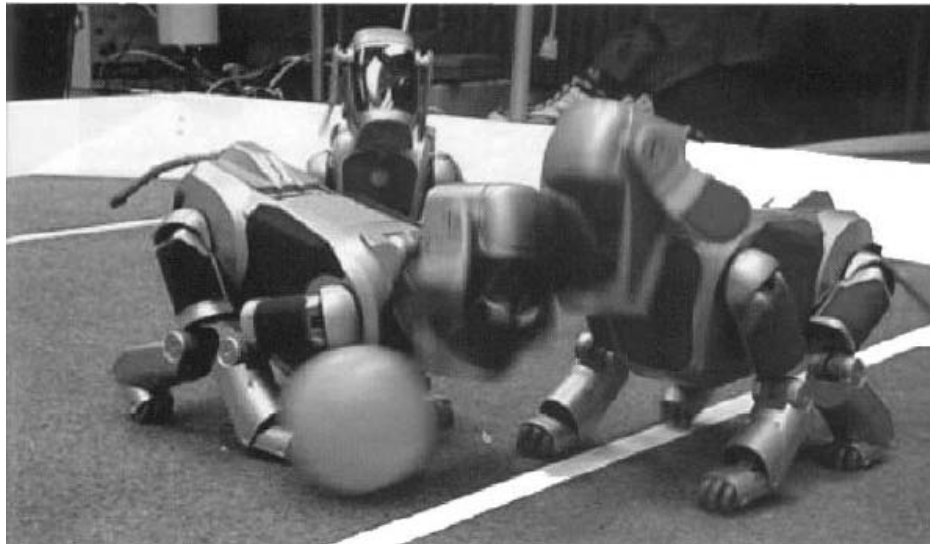
A.A. 2008-2009

56/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Soccer championship for robots



A.A. 2008-2009

57/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Qrio – Sony - 2003



but Sony gave up in  
2006 to  
concentrate on its  
core business...

A.A. 2008-2009

58/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Nao from Aldebaran (France) - 2007



New robocup standard in the standard league!

Video in Quick time.

A.A. 2008-2009

59/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Robovie – ATR - 2003



ATR: Advanced  
Telecommunications  
Research Institute  
International

Robot di compagnia.

[http://www.atr.jp/index\\_e.html](http://www.atr.jp/index_e.html)

A.A. 2008-2009

60/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>

**Tmsuk (Inc.) – 1993 - ....**  
<http://www.tmsuk.co.jp/english/>

PHS antenna      PHS antenna

Transmit control instructions

Receive a picture voice stress,

Controller

*image illustration of using PHS networks*

Dalla segretaria telefonica ai robot per pattugliamento.  
 Trasferire macro comandi al robot via rete. Oggi si appoggia alla rete G3. Macro-comandi tradotti in comandi per i singoli joint.  
 Il robot come avatar.

A.A. 2008-2009      61/81      <http://www.tmsuk.co.jp/english/>

**T-34 Tmsuk + Alam Co.**

“Guardia” teleguidata

A.A. 2008-2009      62/81      <http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Dall'animatronica alla robotica



### Karakuri Robot World

A robotic world traces an attractive history of amusement robots including automata in the European Middle Ages. A pair of beautiful karakuri dolls simultaneously dance and show the mechanism. This is a robotic science exhibition with cultural aspect, which illustrates the history of mechanical engineering and mechanism of robots, as well as the history of music box.

A.A. 2008-2009

63/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Repliee R-I



A.A. 2008-2009

64/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>





## I robot sociali (non solo androidi)



health care



entertainment



offices

A.A. 2008-2009

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Robo-cup



**By the year 2050,  
develop a team of fully autonomous humanoid robots  
that can win against the human world soccer champion team.**

*June 27 - July 5th, 2004*

A.A. 2008-2009

66/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Riassunto



- Introduzione al corso.
- Cos'è la robotica.
- Breve storia della robotica.
- Gli androidi.
- **Interfaccia uomo-robot.**
- Riflessioni.



## Interaction modalities: Speech



- Some examples of speech based interaction:
  - CERO (IPLab, KTH, Sweden);
  - Hermes (Bundeswehr University Munich, Intelligent Robots Lab)



CERO



HERMES



## Interaction modalities: Gestures



- Gestures provide additional information during a dialogue: “Put-That-There” problem
- We need techniques for:
  - Gesture recognition and
  - Gesture production

V



Penguin robot that recognizes and produces gestures (MERL)



Leonardo tracking objects (Stan Winston Studios) Cynthia Brezhal

A.A. 2008-2009

69/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>

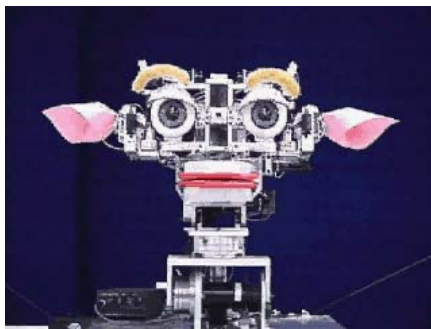


## Interaction modalities: Facial expressions



- A face characterizes a person and can express emotions during a conversation:
  - face and facial expressions recognition
  - facial expressions production

V



KISMET (MIT)



K-Bot (University of Texas)

A.A. 2008-2009

70/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



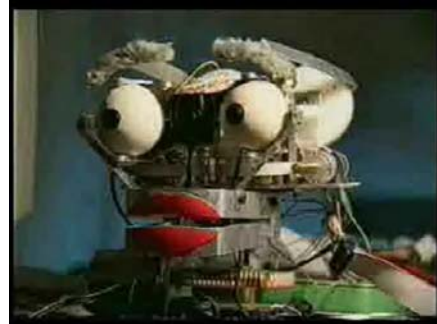
## Interaction modalities: Facial expressions - II



- Some other examples:
  - Facial Expressions by Leonardo;
  - Facial Feature (and Hands) Recognition by Aryan .



Leonardo (Stan Winston Studios)



Aryan (Hossein Mobahi)

A.A. 2008-2009

71/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Interaction modalities: Proxemics and kinesthetics.



- Proxemics and kinesics are non-verbal communication modalities that add information to a dialogue.

- Proxemics:
  - getting closer
  - backing off
- Kinesics:
  - crossing the arms
  - facing the speaker
  - bowing
  - nodding
  - etc.
- Gaze tracking



KISMET (MIT)

A.A. 2008-2009

72/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Emotional interaction



A.A. 2008-2009

73/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## New frontiers: Haptics.



*Touch as a mechanism to send and receive information.*

- The word “haptic” means “of or relating to or proceeding from the sense of touch”.
- Haptic interaction is related to the sense of touch based on force-feedback or tactile devices.



Stan Winston touching Leonardo  
(Stan Winston Studios and MIT)

A.A. 2008-2009

74/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Riassunto sulla HRI



- Does a “best” human-robot interface exist?
  - every situation requires specific features and different strategies of interaction;
  - speech seems to be the most adequate interaction modality in the majority of situations;
  - the combination of speech with other modalities seems to be crucial for the development of social robots capable of establishing a dialogue.
- Multimodality
  - as a combination of different modalities which realize the human communicative competence.



## Riassunto



- Introduzione al corso.
- Cos'è la robotica.
- Breve storia della robotica.
- Gli androidi.
- Interfaccia uomo-robot.
- **Riflessioni.**



## Why use a robot?



A robot is an integration of mechanics, electronics and software. It represents the physical manifestation of information technology - a versatile machine which can carry out the instructions of an intelligent system, e.g. computer, the reverse of virtual reality. There are many different reasons for using a robot but the central reason for most applications is:

### to eliminate a human operator.

The most obvious classes of applications are the classic ones:

- **Human is bad for the product** - for example semiconductor handling, food handling, drugs etc.
- **Product is bad for the human** - for example radioactive product.

Within the above are other reasons for using robots for example robots can be used to replace human operators where the dangers are:

- Repetitive strain syndrome.
- Working with machinery that is dangerous for example presses, winders.
- Working with materials which might be harmful in the short or long term.



## Impact of the robots



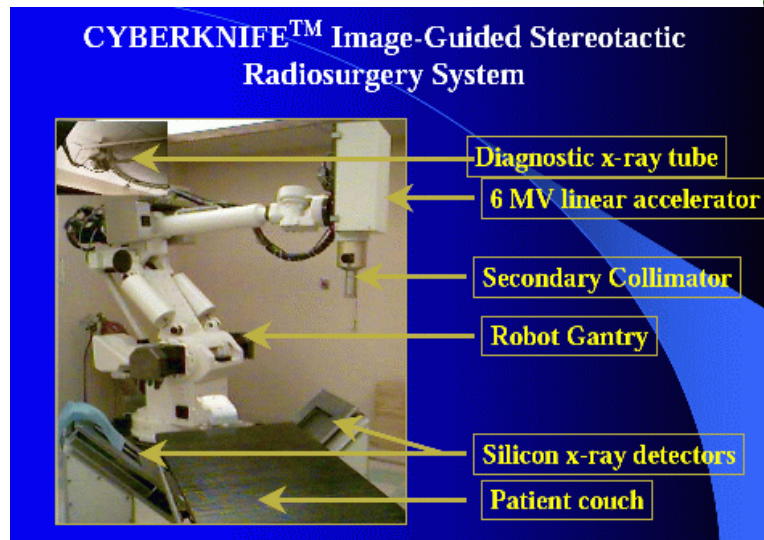
**Quality** - While the main reason for using a robot is to save labor the biggest impact a robot has can be on quality. Applications where quality will be improved are:

- Gluing
- Spraying
- Testing and gauging.
- Assembly.
- Laboratory routines.

- Sometimes a human operator can do better than the robot in terms of quality or speed but the robot will do the task consistently.
- For example testing and gauging is often open to human interpretation. Different operators will get differing results. The same has been found to apply in laboratory routines, especially pharmaceutical research where hundreds of sample must be tested with sensitive instruments. Results obtained vary with the operator speed, handling, etc. Applications where the objective has been to save the costs of PhD scientists filling test tubes often yielded more repeatable and accurate results.
- Today quality means goods which are made without defect, consistent because of tightly controlled manufacturing methods behind which lie controlled design methods and even quality controlled management methods. The proof of this philosophy is in Japanese manufactured goods, boringly the same, but of consistent quality. There are no 'Friday' cars.



## Radiosurgery - cyberknife



Robotized radiosurgery

A.A. 2008-2009

79/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



## Riflessioni sulla robotica



•**Payback** - Payback is usually quicker when the product is complex and/or of high value. Low value products can be killed by high labor costs and automation is essential. The throughput is often extremely high with cycle times of a second or less, requiring very fast and therefore very expensive robots. In other cases the impact on quality might be the justification in itself, especially where the human operator can easily introduce errors. Consider this scenario: A human operator is gauging a bearing hole in a motor housing. If the hole is too big the red light comes on and he puts it in basket A. If it is between limits the green light comes on and he puts it in basket B. If the yellow light comes on the hole is too small but may be redrilled so he puts it in basket C. It isn't long before the operator tires and puts the wrong housing in the wrong basket. Or worse still skips testing every other one because he is on piece work. Clearly the robot not only saves labour but cuts rejects and will pay for itself in a short time.

•**Ethics** - There are still many applications where the robot does nothing more than eliminate labor. My own point of view is that many unskilled tasks are so monotonous we should not be asking a human being to do them. The work ethic is greatly over-valued. George Orwell predicted that unemployment would one day be in millions and indeed it is. Perhaps we should be teaching our children more about leisure and less about academic subjects that will never be used either because the jobs these people do are so soul destroying or because the robots are doing them for us.

A.A. 2008-2009

80/81

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>





## Riassunto



- Introduzione al corso.
- Cos'è la robotica.
- Breve storia della robotica.
- Gli androidi.
- Interfaccia uomo-robot.
- Riflessioni.