

UN PASSO DOPO L'ALTRO...

Camminare, correre e saltare sono generalmente azioni naturali per un essere umano, ma per un robot costituiscono un difficile traguardo.



La realizzazione di robot umanoidi richiede la capacità di comprendere e replicare l'abilità deambulatoria bipede tipica dei primati più evoluti. L'equilibrio, in particolare, costituisce un elemento cruciale da considerare quando si vogliono riprodurre i complessi meccanismi della deambulazione bipede: senza il controllo del baricentro, infatti, si cadrebbe al primo passo. Nei sistemi robotici mobili dotati di 'zampe' si distinguono due categorie di robot: a 'stabilità statica' e a 'stabilità dinamica'. Nel primo gruppo rientrano quei robot (dotati di almeno quattro zampe) progettati in maniera tale da mantenere costantemente il centro di gravità all'interno della superficie di appoggio durante la marcia; il secondo gruppo è costituito invece da quei robot (ad esempio i bipedi), il cui

Molti centri di ricerca e laboratori universitari hanno realizzato prototipi per lo studio della deambulazione bipede. Da sinistra a destra: Denise, dell'università tecnica di Delft (Olanda), Toddler (letteralmente 'bambino ai primi passi') del MIT (USA) e il bipede della Cornell University (USA).

centro di gravità non viene mantenuto all'interno della superficie e che raggiungono l'equilibrio solo grazie alla continuità del movimento. Nel caso particolare dell'uomo, l'abilità di camminare sugli arti inferiori si è sviluppata grazie anche alle numerose terminazioni nervose di cui è dotato (i 'propriocettori'). Queste permettono al cervello di essere sempre informato sugli sforzi a cui sono sottoposte le fibre muscolari e sulla posizione assunta da ogni articolazione, adeguando quindi la postura (spostando il torso e la testa o facendo oscillare le braccia) per mantenere il baricentro del corpo in equilibrio. In modo analogo, i vari sensori integrati sui robot deambulanti devono comunicare ai sistemi di controllo i dati relativi alle forze che agiscono sui giunti e sulle strutture. ▶▶▶

ROBOTICA OGGI



ASIMO, l'umanoide della Honda, dà prova della propria abilità salendo i gradini di una scala, nel corso di un evento pubblicitario in Corea nel maggio 2004.

rispettivamente dai due colossi giapponesi Honda e Sony. Ma c'è anche una piccola 'new entry' di nome PINO, che sta facendosi strada sul web. La sua peculiarità sta nel fatto di essere un robot *open source*, cioè i suoi progetti sono liberamente disponibili al pubblico: chiunque, quindi, può contribuire al suo sviluppo.

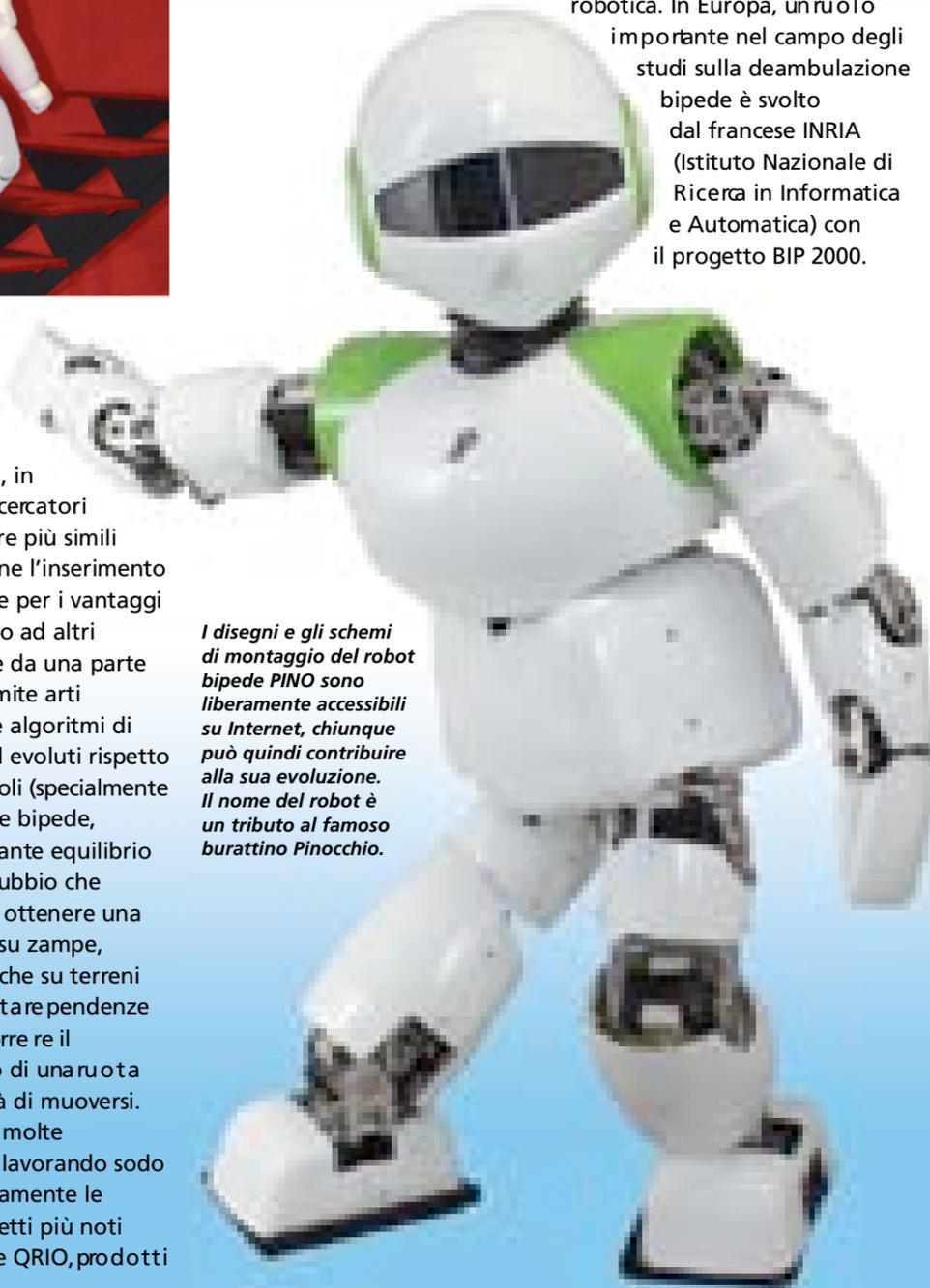
BIP 2000

Come spesso accade, però, sono le università e i centri di ricerca a essere principalmente occupati nell'affrontare le sfide poste dalla robotica. In Europa, un ruolo importante nel campo degli studi sulla deambulazione bipede è svolto dal francese INRIA (Istituto Nazionale di Ricerca in Informatica e Automatica) con il progetto BIP 2000.

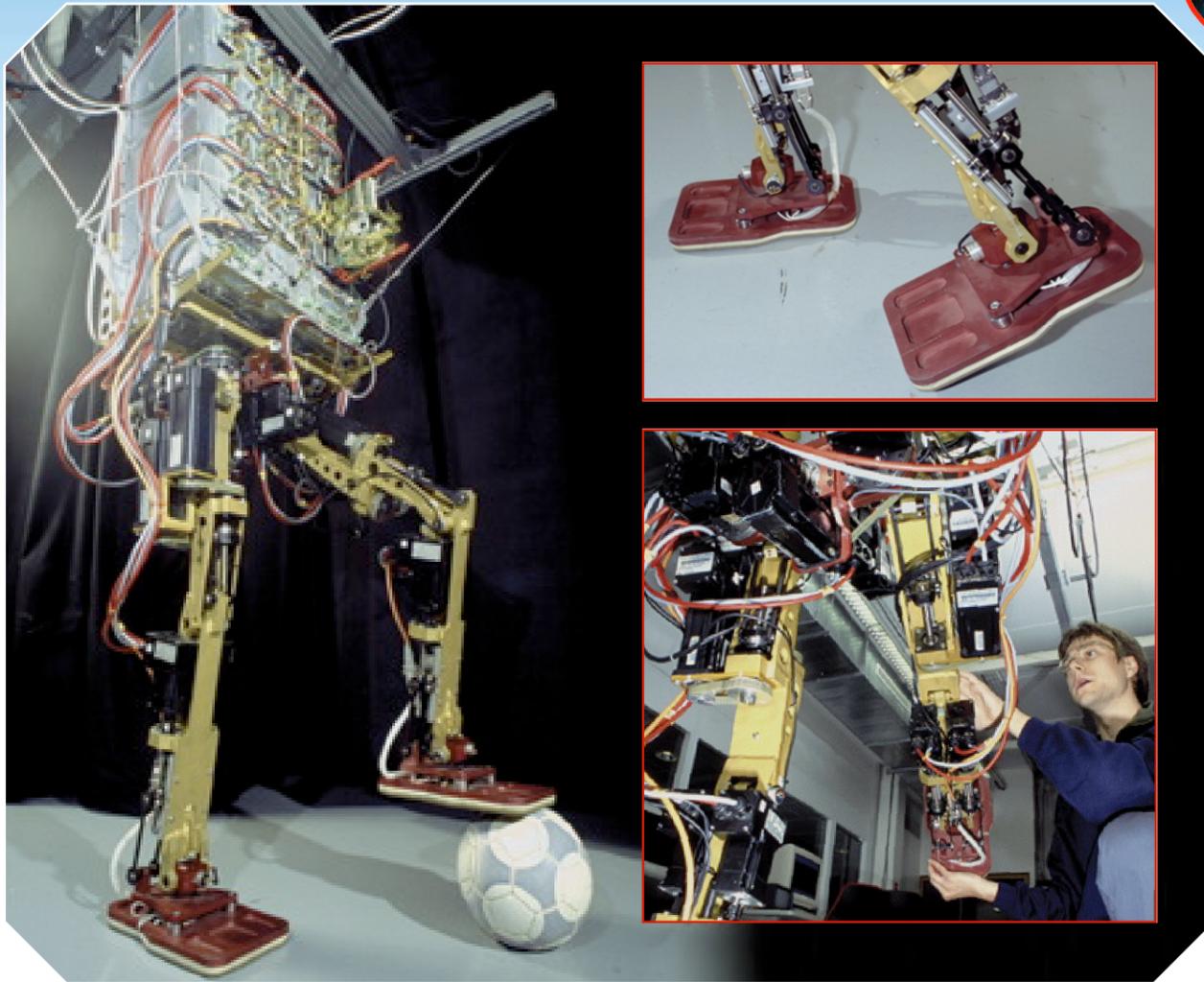
STARE SULLE ZAMPE

Gli studi relativi alla robotica su zampe si sono intensificati negli ultimi anni, in parte per il sogno di molti ricercatori di realizzare macchine sempre più simili all'uomo (anche per facilitarne l'inserimento in ambienti umani) e in parte per i vantaggi che le zampe offrono rispetto ad altri sistemi locomotori. Infatti, se da una parte è vero che il movimento tramite arti mobili richiede meccaniche e algoritmi di controllo molto complessi ed evoluti rispetto a quelli usati per ruote e cingoli (specialmente nel caso della deambulazione bipede, nella quale ci si trova in costante equilibrio precario), d'altra parte è indubbio che tale movimento permette di ottenere una versatilità superiore. I robot su zampe, infatti, possono muoversi anche su terreni sconnessi e irregolari, affrontare pendenze e superare macerie, senza correre il rischio di perdere l'appoggio di una ruota motrice e perciò la possibilità di muoversi. Non c'è quindi da stupirsi se molte équipe internazionali stiano lavorando sodo per far camminare autonomamente le proprie macchine. Tra i progetti più noti vi sono sicuramente ASIMO e QRIO, prodotti

I disegni e gli schemi di montaggio del robot bipede PINO sono liberamente accessibili su Internet, chiunque può quindi contribuire alla sua evoluzione. Il nome del robot è un tributo al famoso burattino Pinocchio.



UN PASSO DOPO L'ALTRO...



L'idea alla base di questo studio, iniziato nel 1994, non è quella di replicare la struttura morfologica degli arti inferiori umani, ma di creare un sistema robotico in grado di riprodurre le caratteristiche biomeccaniche (relative cioè al moto e all'equilibrio), usando una struttura più semplice. Il primo risultato del progetto è stato il prototipo BIP1, che ha mosso i primi passi nel marzo del 2000. In seguito è stata presentata la sua evoluzione, BIP2, a cui sono stati aggiunti un bacino e un tronco. Il sistema di moto di BIP2 comprende ben 15 assi motorizzati che permettono di riprodurre le posture assumibili dallo scheletro umano; ciascuna 'gamba' è dotata di sei gradi di mobilità (due per la caviglia, uno per il ginocchio e tre per l'anca), e altri tre sono ripartiti sulla zona pelvica e sul tronco. Questa struttura di articolazioni permette a BIP2 di affrontare con successo problematiche

Alcune immagini di BIP2, il simulatore bipede realizzato dall'istituto di ricerca francese INRIA. Il robot, munito di un tronco e due 'gambe', dimostra la sua capacità di stare in equilibrio (sopra a sinistra). In alto, il particolare dei piedi di BIP2 e, sopra a destra, il robot con un ricercatore del progetto BIP 2000.

di equilibrio dinamico e di passeggiare con andamento 'tridimensionale', ovvero con movimenti ondulatori delle anche. Una meccanica così evoluta, tuttavia, sarebbe di poca utilità se non fosse coadiuvata da sistemi elettronici di pari efficacia. Il sistema di controllo di BIP2 può infatti contare su diversi sensori propriocettivi distribuiti nella sua struttura: alcuni rilevatori di posizione interni comunicano costantemente la posizione assunta dai giunti, mentre una serie di dinamometri montata esternamente permette un'accurata valutazione delle forze a cui sono sottoposti i piedi. Completano l'apparato sensoriale di BIP2 due inclinometri per la rilevazione dell'inclinazione verticale e due sensori a ultrasuoni montati sulle tibie, i cui dati sono impiegati per analizzare il terreno su cui si muove il robot al fine di identificarne eventuali ostacoli o irregolarità. ▶▶▶

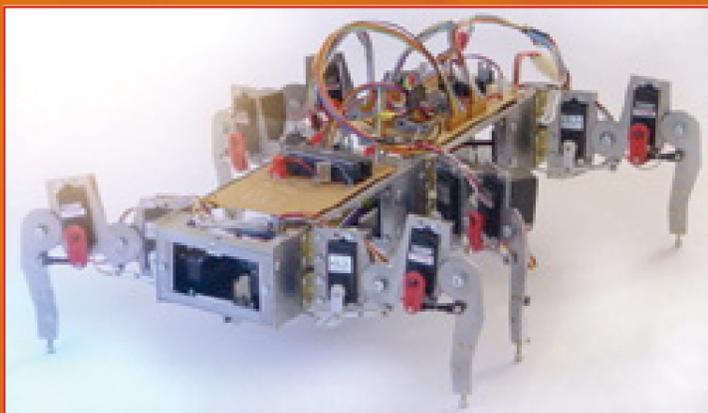
ROBOTICA OGGI

LUCY

Sempre in Europa, ma più a nord e più precisamente all'università di Vrije (presso Bruxelles) è in corso un interessante progetto denominato 'Lucy'. Anche in questo caso, si tratta di un robot bipede antropomorfo le cui gambe riproducono gli arti inferiori umani. Lucy è stata creata con l'obiettivo di ottenere un robot modulare, leggero e agile che potesse affrontare, come BIP2, situazioni di stabilità dinamica. Una caratteristica interessante di questa macchina riguarda i dispositivi



ROBOT FILE



QUANDO DUE GAMBE NON BASTANO

Come per gli animali in natura, anche per le macchine in robotica l'andatura bipede non è l'unica soluzione adottabile per il movimento su zampe. Molti studi relativi a questo particolare ambito della robotica mobile riguardano infatti la realizzazione di robot quadrupedi, esapodi o a più di sei zampe, simili a insetti o a ragni. Rispetto ai bipedi, questa tipologia di robot garantisce una maggiore stabilità, perché dispone di

una più ampia superficie di appoggio. Inoltre, gli algoritmi di controllo usati per i robot a più zampe sono più semplici di quelli per gli apparati motori antropomorfi. Un esempio di studio sui robot a più zampe e i relativi algoritmi di controllo è Robosonne (nella foto), un robot esapode realizzato all'università di Osnabrück (Germania). Il tronco di questo robot è di acciaio inossidabile e ciascuna delle sei zampe si può muovere lungo tre assi, garantendo a Robosonne una notevole capacità motoria.

Il robot Lucy, realizzato all'università di Vrije (Belgio), pesa circa 30 kg ed è alto 150 cm. I suoi giunti sono costituiti da 'muscoli' pneumatici, che si contraggono e si espandono per imitare la camminata umana. Complessivamente Lucy dispone di 12 muscoli pneumatici.

impiegati per il moto, appositamente studiati per eliminare i complessi meccanismi derivanti dall'uso dei motori elettrici, che sono stati sostituiti con 'muscoli pneumatici'. Questi ultimi si presentano come delle 'sacche' che, una volta riempite d'aria, si gonfiano e si contraggono, imitando il funzionamento delle fibre muscolari umane.

WABIAN-2 E M2

Se in Europa spesso i robot sono visti come figure legate a uno scenario futuro, in Giappone costituiscono in parte già una realtà. Oltre agli importanti progetti commerciali sviluppati nei laboratori delle multinazionali dell'elettronica, molti ricercatori si adoperano per applicare concretamente la robotica nella vita quotidiana. L'università di Waseda, per esempio, rappresenta un importante punto

UN PASSO DOPO L'ALTRO...



di riferimento nell'ambito degli studi sui robot umanoidi ed è proprio qui che, all'interno del Takanishi Laboratory, è stato creato WABIAN-2 (WAseda Bipedal humANoid-No.2), un robot progettato per adattarsi e lavorare al meglio all'interno degli ambienti umani. La sua elettronica è basata su un comune microprocessore da computer Pentium III, ma WABIAN-2 si distingue per l'elevata mobilità degli arti (paragonabili alle gambe di BIP2) e per l'estrema precisione nella riproduzione dei movimenti umani. Secondo i progettisti giapponesi, l'utilizzo delle tecnologie di deambulazione non si deve limitare alla pura progettazione di macchine, in quanto può rivelarsi utile anche per comprendere meglio il funzionamento dell'apparato motorio umano e quindi per migliorare le tecniche di cura e di riabilitazione. Ovviamente anche negli USA l'obiettivo di



Uno studente del MIT osserva la passeggiata di Pinky, un prototipo di robot bipede progettato e costruito presso il MIT Leg Lab.

VERSO IL FUTURO

LA FANTASCIENZA AL SERVIZIO DELL'UOMO

La deambulazione bipede autonoma è una premessa necessaria alla realizzazione dei robot umanoidi che da sempre popolano l'immaginario collettivo. Le applicazioni di questa tecnologia potranno però rivestire un ruolo fondamentale anche in ambiti come la medicina e la fisioterapia. I principi e le tecniche usati per realizzare le 'gambe' dei robot bipedi, infatti, potranno essere impiegati nella costruzione di protesi robotiche sempre più sofisticate che, interfacciate al sistema nervoso, saranno utili all'uomo per rimpiazzare arti amputati e donare funzionalità motorie a coloro che ne sono privi. Allo stesso tempo, c'è chi sta pensando di impiegare i risultati degli studi sull'andatura robotica bipede per comprendere meglio il funzionamento della biomeccanica umana. I ricercatori del Takanishi Laboratory (in basso l'home page del suo sito Internet), appartenente all'università giapponese di Waseda, sono impegnati, all'interno del progetto WABIAN, nello studio e nella realizzazione di

un simulatore di andatura umana il più possibile fedele all'originale. Secondo questi studiosi, tale simulatore potrà essere impiegato per ottenere dati indispensabili per la messa a punto di nuove ed efficaci metodologie di cura e di riabilitazione.

Takanishi Laboratory

早稲田大学 理工学部 機械工学科 高西研究室
Department of Mechanical Engineering, WASEDA University



realizzare robot capaci di muoversi su arti antropomorfi non viene trascurato, tanto che al MIT (Massachusetts Institute of Technology) è stato creato un apposito dipartimento che si occupa di ricerche sulla mobilità a zampe: il MIT Leg Laboratory. Nel 1998 i ricercatori di questo laboratorio hanno iniziato a lavorare sul robot M2, che ha fatto la sua prima 'passeggiata' nel luglio del 2000. Passo dopo passo, ciascuno di questi prototipi, insieme a molti 'colleghi' meno noti, sta contribuendo all'evoluzione dei robot in direzione del modello umano, allo scopo di facilitare in un futuro sempre più prossimo l'integrazione delle macchine nella società degli uomini. ■ ■ ■