

Izaki bizidunen portaeran oinarritutako sistemak

Olatz Arbelaitz, Elena Lazkano & Tim Smithers*

Antzinatek saiatu da gizakia bere portaeraren antzekoa den jokabide "argia" erakutsiko duen eredu artifiziala eraikitzen; gizakiaren antzera mundu errearekin harreman eta lanak adimena erabiliz egingo dituen, alegia. Oso iharduera zaila da hori; oraindik ez baitakigu behar bezala izaki bizidunen funtzionamenduaren funtsa zein den. Hori ondo ulertuz gero, seguru asko errazagoa litzateke sistema artifizialak erai-

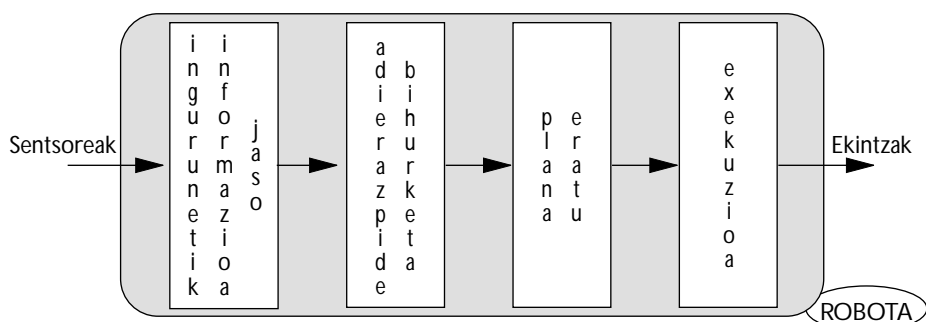
kitzea. Arazoak ez dira "adimentsutat" hartzen diren jokabideei dagokienez bakarrik agertzen, erreflexu sinpleenak simulatzea ere nahikoa zaila da eta. Izaki bizidunek gauza asko eta asko automatikoki egiten ditugu inongo ahalegin berezirik gabe, ingurunearen aldaketetara egokituz. Adibidez, gure ibilbidean topatzen ditugun objektuak saihestu egiten ditugu, saihesteko ekintzan pentsatu ere egin gabe. Munduaren aldakortasuna dela

eta, egokitze hori da batez ere izaki artifiziala eraikitzerakoan arazorik gehien sortzen dituen. Orain dela gutxi arte robotika izeneko zientzia industri mailan **prozesuak automatizatzeko makinak** eraikitzea izan da. Baina horren ondorioz sortu diren beso automatiko eta antzekoak robotizat kontsideratzea gehiegizkoa da; hauek ez baitute ingurunean zehar aske mugitzeko, ez ahalmenik eta ez inolako adimenik. Beste gorputz bati lotuta daude eta beti eragiketa berdina burutzen dute programa determinista baten aginduei jarraituz. Urteetan zehar, **Adimen Artifizialaren** alorrean aritu direnak izaki bizidunen edozein jokabide hiru fasetan burutzen den ziklo baten ondorioa dela uste izan dute:

- Munduari buruzko informazioa zentzuen bidez jasotzea.
- Jasotakoari buruz informazioa prozesatuz pentsatzea.
- Aurreko bi pausoen ondorio gisa ekintza desberdinak burutzea, burututako ekintzek ingurunearen egoera alda dezaketelarik.

Honetan oinarrituz, izaki artifizialak eraikitze hiru moduluz osatutako sistemak egin dira, modulu bakoitza fase bati dagoikiolarik. 1. irudian ikusten den legez, modulu hauek sekuentzialki lotuta egon ohi dira, bataren irteera hurrengoaren sarrera izanik. **Sense-Think-Act zikloa** izenaz ezagutzen da hori. Sekuentziala izate horrek oztopatu egiten du denbora errealean lan egin ahal izatea; gerta bailiteke izaki artifiziala jasotako informazioa prozesatzen ari den bitartean inguruneeko egoera guztiz aldatzea eta egoera berri horretan erabakitako ekintza lekuz kanpo egotea. Ingurunetik jasotako informazioa interpretatu ahal izateko munduko elementuen barne-ereduak





1. irudia. Ohizko deskonposaketa.

ditu sistemak, barne-adierazpide bat erabiliz. Kanpotik jasotako informazioa adierazpide horretara bihurtzen da, konparaketa bat egin ahal izateko mundua ezagutzeko aurrepauso bezala. Hone-lako sistemek aurrez definitutako helburuak dituzte eta ekintzen plangintza guztia helburu hauek lortzera bideratuta dago, kanpo-inguruetik jasotako informazio-tik abiatuz. Munduaren aniztasuna dela eta, barne-ereduentzat adierazpide egokia lortzea oso zaila da. Adibidez, objektu berak itxura desberdinak ditu angelu desberdinetatik begiratzen zaiotenean eta nahikoa desberdin diren objektuak kontzeptu berarekin erlazionatzen ditugu (bi mahaik forma eta hanka-kopuru desberdina eduki arren, mahai dira Nolanahi ere). Bestalde, kontuan eduki behar da memoriaren mugagaindiezina dela.

Sistema hauekin esperimentatzean, joera nagusia mundu sinple eta estatikoetara (hau da, "jostailuzkoetara") mugatzea izan da, horrelako munduan funtzionatzeko gai den sistema konplexua mundu errealerara egokitzea erraza izango delakoan. Baina esperientziak erakutsi duenez, berriro ere munduaren aldakortasuna eta konplexutasuna direla medio, egoera bakoitzean garrantzizkoak diren faktore guztiak kontuan edukitzea ezinezkoa da, eta gertatzen ez den beste zenbait kontutan hartzen da.

Filosofia honetan arazo gehien sortzen duena hau da: ingurune sinpleetan jokabide egokia duten sistemak, ingurune errealeramoldatzea ezinezkoa izatea.

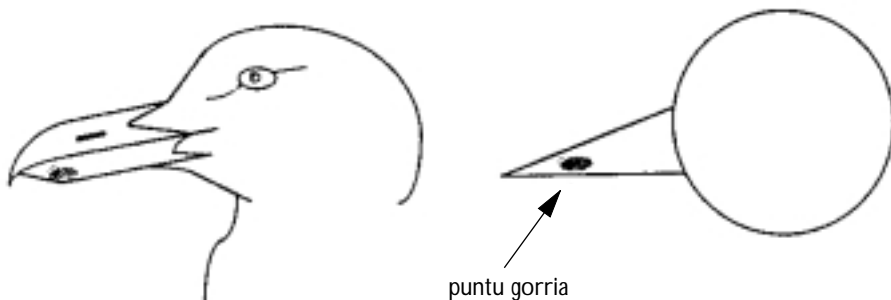
Bizitzak Lurrean izandako **eboluzioak** erakutsi duenez, askoz ere zailagoa izan da erreflexu sinpleenak lortzea, hauek lortuz gero jokabide adimentsua lortzea baino. Mundu konplexuan gertatu den eboluzio horrek honakoa pentsarazten du: mundu errealean aritzeko gai diren izaki artifizial sinpleak izan daitezkeela sistema artifizial konplexuetara heltzeko abiapuntua. Uste denez, bigarren pausoa izaki artifizial sinpleak eraikitzea baino errazago gertatuko da.

Bestalde, animalien azterketaren bidez jakin ahal izan da hauek munduan aritzeko ez dutela ingurunearen barne-adierazpide sakonaren beharrik. Adibidez, kaiokumeek beren gurasoak ez dituzte indibiduo gisa ezagutzen; ez eta beste animalia edo objek-

tu bizigabeengandik bereizten ere. Dirudienez, ezagutzen duten gauza bakarra muturrean puntu gorria duen objektu zorrotza da; horrelakoa baita kaio helduaren moko (ikus 2. irudia).

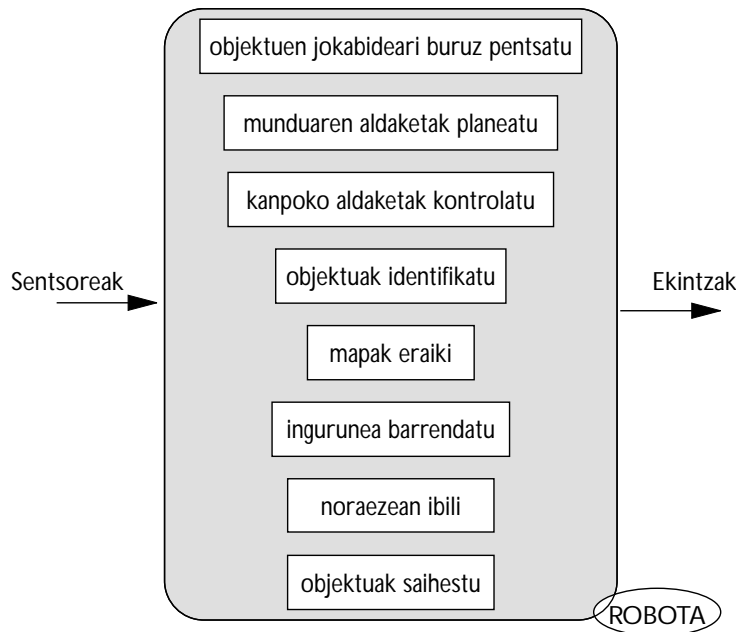
Aurreko filosofiaren arazoez eta arestian aipatutakoak, 80.eko hamarkadan zenbait zientzilarien begiak irekiarazi egin zituen, lan egiteko zeharo era desberdina sortuz. Filosofia berri honi jarraituz, mundu sinpleetan sistema konplexuak eraiki beharrean, mundu errealean aritzeko gai diren izaki artifizial sinpleak eraikitzen dira. Helburua, eredu sinpleetatik abiatuz gehikuntzaz eredu konplexuak lortzea da. Deskonposaketa ez da hiru modulu sekuentzialetan egiten; sistemak erakutsi behar dituen jokabideetan baizik. Hortik dator kie izena sistema hauei: **Jokabidetan Oinarritutako Sistemak** (*Behaviour Based Systems*). Jokabide sinpleenak jokabide konplexuen oinarri izango dira arkitektura mailakatua eraikiz. Arkitektura honen beheko mailatan jokabide sinpleenak agertuko dira, eta konplexuagoak berriz, maila altuagoetan (ikus 3. irudia).

Horrelako arkitekturan, beheko mailak nahi den jokabidea erakutsi arte ez da goragoko mailarik eraikiko. Goiko mailek behekoengan eragin dezakete, hauek erabakiak hartzeko erabiltzen dituzten parametroen balioak aldatuz. Goiko maila batek ez funtzionatzeak ez du ondoriorik azpikoengan. Adibidez, ingurunea



2. irudia. Kaiokumeek berdin-berdin erreazionatzen dute eskuineko ereduaren eta beren gurasoen aurrean.

ROBOTIKA



3. irudia. Jokabidetan oinarritutako Robot higikor baten kontrol-sistemaren deskonposaketa.

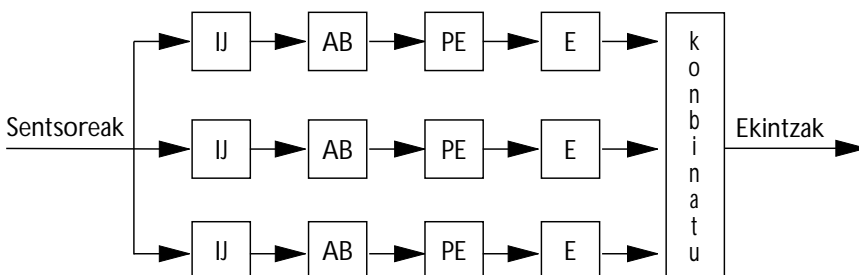
barrendatzeko edo zelatatzeke ahalmenik ez eduki arren, robota noraezean ibil daiteke inongo arazorik gabe. Ez dago aurretik finkatutako helbururik; sistemaren portaera inguruneak gidatzen baitu. Une bakoitzean, inguruneak dituen ezaugarrien arabera, jokabide batzuk besteei aurre hartuko diete, izaki artifizialak bere funtzioa bete dezan.

Ohizko Adimen Artifizialean ez bezala, jokabide desberdinek paraleloan dihardute, maila bakoitzak kanpotik informazioa jasotzeko eta bere neurrian ekin-

tzak burutzeko ahalmena baitauka (ikus 4. irudia). Honek denbora errealean aritzea errazten du. Bestalde, jokabide bakoitza egikaritu ahal izateko, ez da beharrezkoa mundua erabat ezagutzea. Zenbait ezaugarri antzematea nahikoa da. Adibidez, objektuak saihestean, berdin dio saihesten dena zer den. Nahikoa da oztopoa gaintitzea. Beraz, ez dago eboluzioak erakutsitakoarekin bat eginez barne-eredu konplexuak gorde beharrik.

Aurretik azaldutakoak nahikoa abstraktua badirudi ere, prakti-

IJ: inguruneari buruzko informazioa jaso.
PE: plana eratu.
AB: adierazpidea bihurtu.
E: exekutatu.



4. irudia. Helburu bereziko jokabideen konbinazioa.

kan horrelako sistemak eraiki dira. Hona hemen zenbait adibide.

Attila

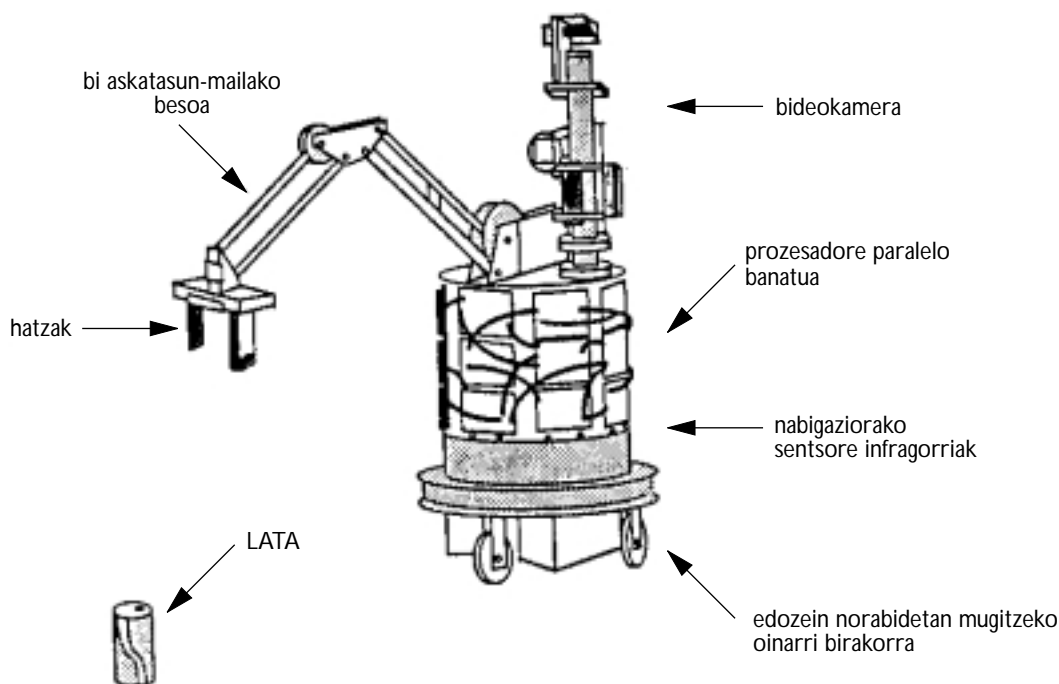
Txingurri itxurako Robot Higikorra da hau. Gorputzak 30 bat cm neurtzen ditu, bere pisua kilo bat izanik. Sei hanka ditu, bakoitza 25 cm-koa eta zurruna. Hankak bi askatasun-maila dituen loturaz daude gorputzera atxikita, hau da, ezker-eskuin eta gora eta beheara mugitu daitezke, hanka bakoitzean dauden bi motoreen bidez. Sentsore gisa bi antena dauzka aurrealdean, ingurunearen malda neurtzen duten bi gailu eta sei infragorri, bakoitza sei graduko bereizmen angeluarrekin eta 45°ko zabaleran antolatuta daude. Informazioa prozesatzeko 8 biteko 4 mikroprozesadore ditu, Token-Ring sare batean konektatuak. Informazioa gordetzeko RAM eta EPROM memoria erabiltzen ditu. Hiru Zilar/Zink pilei esker robota inongo kablerik gabe aske ibiltzen da.

Robot honentzat hiru maila inplementatu dira:

- Lehenengo mailan hanka bakoitza besteekiko independente mugitu ahal izateko behar diren jokabideak inplementatu dira.
- Bigarren mailak sei hanken mugimendua koordinatzen du, Robotari gainazal zakarrean aurrerantz eta atzerantz ibiltzeko gaitasuna emanez.
- Hirugarren mailak Robotaren mugimenduaren hasiera eta norabidea zehazten ditu. Infragorrien bidez mugitzen ari den objektu bat detektatzen duenean, Robota objektu horri jarraituz ibilaraziko du.

Hiru maila hauek aski dira Attila gainazal zimurrean ibili ahal izateko eta astiro dabilen pertsonari jarraitzeko.





5. irudia. Herbert-en irudi grafikoa.

Herbert

Helburutzat edari-lata hutsak biltzea duen Robota da hau. 45 cm-ko diametroa eta 120 cm-ko altuera du. Hiru gupilen bidez lortzen du aurrera eta atzera mugitzea eta bere ardatzaren inguruan biratzea. Bidean topatzen dituen trabak saihesteko 16 infragorriko bi eraztun ez hornituta dago, eta zenbait sentsoere lokalen bidez inguruarenean berri jasotzen du. Iparrorratz batez baliatzen da zein norantz mugitu behar duen jakiteko. Bi askatasun-mailako besoa du latak jasotzeko; baita bereizmen handiko laserra ere, objektuak eta hauen kokapena ezagutu ahal izateko (ikus 5. irudia).

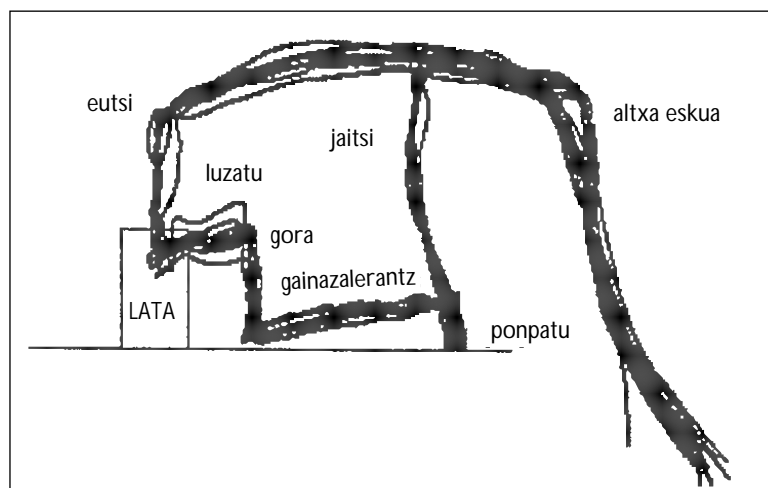
Herbert noraezean ibiltzen da lata edo antzeko objekturen bat detektatu artean. Objektuaren kokapenaren arabera, jokabide desberdinak ditu bere helburua betetzeko.

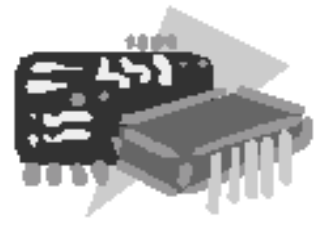
Lata eta Robotaren eskua lerrotatuak daudenean (ikus 6. irudia):

- Lata bi hatzen artean dagoenean **hatzak elkartu**.
- Lata justu-justu eskuaren parean dagoenean **aurrerantz mugitu eskua**.
- Eskua aurrerantz doala parean dagoen objektuak eskuaren goiko zatia joko duela detektatzen denean, **altxatu eskua**.
- Oraindik objekturik detektatu ez bada eta besoaren lan-eremu osoa aztertu gabe badago, **diagonalean jaitsi besoa** (aurrerantz eta beherantz).

- Besoak bere ibilbidean gainazal (adib. mahaia) topatzen duenean **ponpatu**.
- Sentsoeren bidez besoarekin lerrotatua dagoen lata-itxurako objekturen bat topatu duenean, **igo besoa ahal duen punturik altuenera eta jaitsi gainazala topatu arte**.

Deskribatutako jokabide hauek honakoa erakusten digute: Robotak helburu orokor bat eduki arren (latak biltzea), bere jokabi-





dea erabat inguruneak gidatzen duela; ez duela aurrez definitutako planik. Hala ere, jokabide hauek ez dira aski Herbert-ek bere lana bete dezan.

Bere sentsoreekin antzeman diezaiekeen eremuan lataren antzeko objekturen bat dagoenean:

- **Ikusmena:** Bideokamera baten bidez kanpo-inguruneari buruzko informazioa jaso eta, ez sakontasunari eta ez objektuen neurriari buruzko informazioz gordetzen duen mapa bat eratzen du. Mapa horretan latatzat jotzen duen objektuaren bat topatuz gero, gorputza biratzen du besoa objektuarekin lerrokatu arte. Ondoren, aurrean aipatutako jokabideak aktibatuko dira.

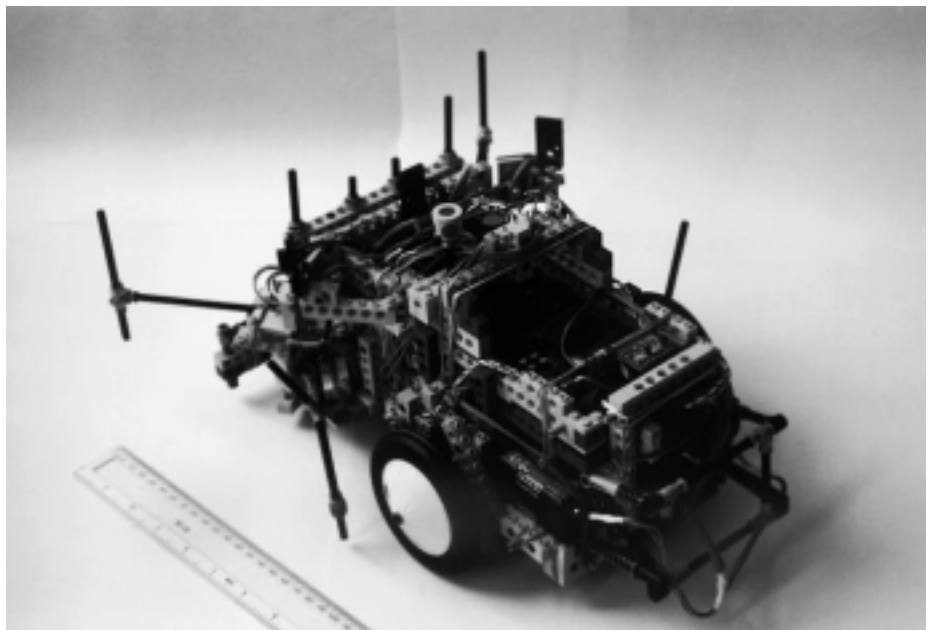
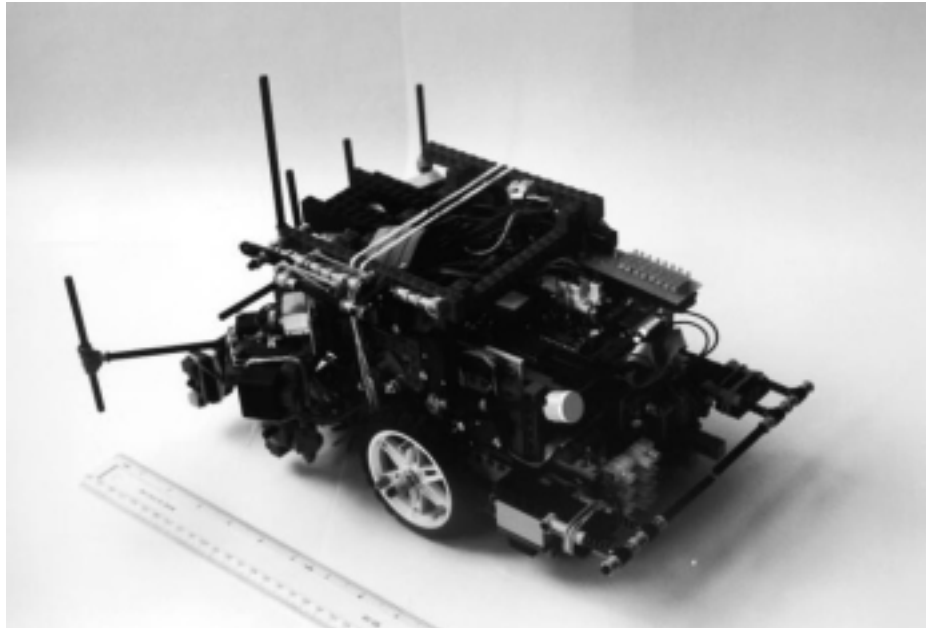
Robotaren inguruan latarik topatzen ez bada, ingurunean mugitu beharko du:

- **Nabigazioa:** Robotaren mugimenduaren norabidea pareten eta iparrorratzaren bidez gidatzen da, zerbait jasotakoan galdutako zaborrontzira itzuli ahal izateko. Paretekin topo ez egiteko, soinean dituen bi infragorri-eraztunak erabiltzen ditu.

Herbert adibide egokia da honako hauek ikusteko: helburu finko bat betetzeko ez dela zertan planik aurrez definitu behar, inguruneak gida dezakeela Robotaren portaera eta, beraz, munduaren aldakortasunera egokitze gai dela.

Lego-ibilgailuak

Auto-itxura duten ibilgailu hauek, Lego piezez eraikiak daude. Horik datorkie izena eta itxura aldatzeko erraztasuna. Ingurune erdiegituratueta zehar noraezean mugitzeko gai dira, bidean topatzen dituzten objektuak saihestuz. Horretarako erabiltzen dituzten infragorriak direla eta,



7. irudia.

zenbait kasutan objektu beltzekin arazoak eduki ditzakete (praktikan egiaztatu denez, sentsoreen kalitatea eta sistemaren eraginkortasuna ez dira zuzenki proportzionalak) (ikus 7. irudia).

Aurrean aipaturikoak gaur egun lan-eremu honetan agertzen diren zenbait adibide besterik ez dira, baina esan beharra dago jokabidetan oinarritutako hau ikerketa-zentru askotan garatzen ari den filosofia dela. Lortutako

izaki artifizialen erabilgarritasuna oraingoz argi ikusten ez bada ere, helburu den izaki artifizial adimentsua lortzeko, aurrepauso garrantzitsua izan da filosofia berri hau agertzea, nahiz eta Adimen Artifizialaren aukera tradizionala guztiz baztertu ez.



* O. Arbelaitz eta E. Lazkano Informatika Fakultateko Euskarako bekadunak.

* T. Smithers Informatika Fakultateko irakasle bisitaria.