

CAP A UNA NOVA GENERACIÓ DE ROBOTS

per

CARME TORRAS I GENÍS

Institut de Cibernètica (UPC-CSIC)

D'ençà que els japonesos el 1981 anunciaren llur projecte de la cinquena generació d'ordinadors, sembla que el parlar de generacions, abans tan comú entre els literats, s'ha posat de moda en les àrees tecnològiques.

La Robòtica és una disciplina encara més jove que la Informàtica i, per tant, no ha assolit encara les cinc generacions d'aquesta, sinó que tot just n'hi han estat definides tres.

PERFILS GENERACIONALS

La *primera generació* és formada pels robots que executen una seqüència fixa d'accions, sense pràcticament cap realimentació sensorial. Això vol dir que requereixen un entorn fix i predeterminat. I és precisament això el que encareix llur implantació, ja que fa necessari un gran nombre de màquines específiques que prefixin l'entorn. En qualsevol cas, si, per exemple, es produeix una lleugera desviació en la posició inicial de les peces a manipular, el robot ni se n'assabentarà o, si porta incorporat algun detector específic, el màxim que farà serà parar i esperar que un operari restableixi la situació.

La *segona generació* és constituïda pels robots amb capacitats sensorials. Bàsicament incorporen sensors de proximitat, de força, visuals i tàctils. La possibilitat de rebre informació sobre l'entorn augmenta enormement llur flexibilitat i repertori d'accions, tot fent viable de programar-los d'una forma condicional i d'especificar iteracions fins que es verifiqui una determinada condició.

La *tercera generació* va un graó més enllà en l'escala cap a l'autonomia dels robots, ja que hi suposa la capacitat de planificar llurs accions i prendre

decisiones en situaciones d'emergència. És clar que engloba la generació anterior, ja que, per a exercir les esmentades capacitats, cal que els robots rebin informació sobre l'entorn, així com realimentació sobre els efectes de les accions dutes a terme.

Dit en termes generals, a un robot de la tercera generació hom li especificarà solament l'objectiu a assolir. En particular, si es tracta de dur a terme una tasca de muntatge, hom li explicitarà les característiques de l'objecte muntat final i llavors el robot, a partir dels models geomètrics de les peces que intervenen en el muntatge –possiblement emmagatzemades en una base de dades de DAC (Disseny Assistit per Computador)– s'autoprogramarà, és a dir, sintetitzarà la seqüència de moviments simples que condueixi a la satisfacció de l'objectiu. Val a dir que haurà d'incorporar al programa accions sensorials i, més important, tests de verificació, per tal que si es produeix una situació d'emergència pugui resoldre-la satisfactòriament.

En resum, les successives generacions de robots presenten nivells creixents de tolerància, tant a la incertesa de l'entorn, com a llur pròpia imprecisió. Així, la primera requereix un entorn fix i es caracteritza per la seva precisió mecànica; la segona generació tolera lleugeres desviacions en l'entorn i supleix la manca de precisió amb realimentació sensorial; finalment, la tercera accepta canvis qualitius en l'entorn i tolera, ja no solament la imprecisió en la seva actuació, sinó també en la informació que li proporcionen els seus propis sensors, utilitzant tècniques de planificació i de recuperació d'errors per a cobrir les esmentades mancances.

GENERACIONS PRODUCTIVES

De fet, els robots de la primera generació són els únics que actualment tenen una certa presència a la indústria; constitueixen, podríem dir, el 90% de la població robòtica activa. El 10% restant és format per robots de la segona generació dotats de visió. Els altres robots de la segona generació i els de la tercera generació es troben encara confinats en els laboratoris d'investigació d'empreses i universitats.

Per tal de donar una idea de l'evolució prevista per als anys propers, esmentem que la RIA (Robotics Industries Association) elaborà un informe l'any 1982 on afirmava que el 1990 el 25% dels robots industrials serien dotats de visió.

COEXISTÈNCIA ENTRE GENERACIONS

Les generacions en Robòtica han quedat definides segons un grau creixent d'autonomia. Recordem que les generacions d'ordinadors es definei-

xen segons la tecnologia de base emprada: tubs de buit, transistors, circuits integrats, VLSI i màquines amb programació lògica.

Aquesta diversitat en els criteris de definició d'unes i altres té una conseqüència que penso que és important: la coexistència de generacions serà molt més gran en Robòtica que en Informàtica. Atès que diferents aplicacions requereixen diferents prestacions, és altament probable que els robots de la primera generació continuïn essent apropiats per a determinades funcions, fins i tot quan s'hauran desenvolupat de ple els de la tercera generació. Cosa que no succeeix amb els computadors, on bàsicament cada generació —a excepció potser de la cinquena— substitueix la precedent.

FUTURES GENERACIONS

Poden ésser previstes altres generacions? Bé, jo diria que hi ha lloc per a altres generacions, per bé que no han estat encara definides. Per exemple, robots que incorporin capacitats d'aprenentatge de complexitat creixent, des del merament acumulatiu fins a l'associatiu i l'inductiu; o també robots "exploradors", amb un cert grau de creativitat, que fixin d'alguna manera llurs propis objectius.

TRETS MARGINATS

Hi ha aspectes no contemplats en la definició de generacions establerta. A tall de mostra, citem el tema de la comunicació home-màquina (mitjançant llenguatge oral o escrit) i, especialment, el desenvolupament d'elements terminals de complexitat creixent, tant pel que fa al disseny mecànic com al seu control.

En el sentit anterior, recentment han començat a ésser invertits molts recursos d'investigació en el desenvolupament de mans mecàniques que s'aproximin a la destresa de les humanes. Són mans amb 3 o 4 dits de 2 o 3 articulacions cada un, és a dir, tenen fins a 12 graus de llibertat. La dificultat rau a coordinar el moviment conjunt d'aquests dits per a aconseguir moviments complexos, com ara el de reorientar un llapis a la mà fins a col·locar-lo en posició apta per a escriure, després d'haver-lo agafat de sobre la taula.

Aquest aspecte, de complexitat equiparable al desenvolupament de planificadors per als robots de la tercera generació, no queda en canvi reflectit en la delimitació de generacions vigent.

LES APARENCESES, JA SE SAP...

L'anterior consideració deixa entreveure un fet cada dia més patent. Inicialment semblava que les capacitats humanes més fàcils de replicar se-

rien les associades al sistema nerviós perifèric, és a dir, les sensorials i motores; i que les més difícils serien les associades al sistema nerviós central, és a dir, les funcions intel·lectuals superiors. Doncs bé, la tendència sembla que és clarament la contrària. Operacions de coordinació sensorio-motora que un nen d'un parell d'anys duu a terme sense dificultat han resultat molt difícils de reproduir automàticament, mentre que l'activitat de diagnosticar malalties infeccioses o la de planificar experiments de Genètica Molecular, que semblaven reservades als científics, han estat ja automatitzades amb èxit.

Això està en consonància amb la diferent valoració que, d'allò que és fàcil o és difícil en Robòtica, tenen les persones no especialment informades respecte a les que duen a terme recerca en aquesta àrea. Coses que deixen meravellats els especialistes, com pot ésser veure una mà mecànica manipulant un ou sense trencar-lo, solen deixar indiferents els no-informats; mentre que, al contrari, un robot amb un sintetitzador de paraula pot resultar espectacularment xocant al no-especialista i no presentar en canvi massa interès per al qui treballa en aquest camp.

SUGGERIMENTS PER A LA RECERCA FUTURA

Això que acabem de dir dona una possible explicació al fet que la Informàtica s'hagi desenvolupat amb anterioritat a la Robòtica i suggereix possibles temes de recerca futura. Així, s'han implementat sistemes informàtics d'ensenyament per a infants de més de 4 anys; ensenyament dirigit a la capacitat de raonament del nen. Per què no desenvolupar, analògament, sistemes robòtics que ajudin al desenvolupament de les destreses sensorio-motores? És àmpliament acceptada la necessitat per part de l'infant d'estímul externs per tal d'adquirir aquestes destreses.

Entrant ja en el terreny de les aplicacions futures, sembla que es produirà un desplaçament d'aquestes des del sector secundari (o de transformació), que és el més automatitzat en l'actualitat, cap als sectors primari i terciari (o de serveis).

Algunes aplicacions que podríem englobar en el sector terciari són: la construcció de gossos pigall mecànics per als cecs, la recollida d'escombraries, la reparació automàtica d'automòbils i electrodomèstics, el forniment de benzina a les estacions de servei, la cirurgia i les accions contra incendis.

Altres aplicacions més properes al sector primari són: l'extracció de recursos submarins, la mineria, l'ajuda a l'agricultura i potser l'exploració espacial.

IMPLICACIONS SOCIALS

Les implicacions dels desenvolupaments en Robòtica sobre la societat no es poden deslligar de la història de l'automatització des de la primera Revolució Industrial, ni dels recents avenços assolits per la Informàtica.

Un robot substitueix un obrer de la producció igual que un computador pot substituir un banquer, un advocat o un metge. És un mite això que l'automatització afecta només les capes laborals menys qualificades, o més ben dit, potser l'anterior afirmació sigui certa, però llavors l'èxit de l'automatització rau en l'escassa intel·ligència necessària per a realitzar moltes de les tasques considerades "molt qualificades".

No hem d'enganyar-nos; és cert que les revolucions industrials produeixen un trasbals transitori en la societat, però vist que és un pas ineludible de cara a mantenir la competitivitat industrial a nivell internacional, cal posar els mitjans necessaris per a pal·liar al màxim aquest trasbals transitori i preparar aquest futur ja previsible a més llarg termini.

La capacitat de l'espècie humana d'adaptar-se a les condicions ambientals és molt gran, com ho demostra la facilitat amb què adquirim destreses tan complexes com conduir automòbils dins les ciutats grans; ningú no qualificaria aquesta tasca com a "altament qualificada", i certament ho és! Segons el premi nobel H. Simon, és més qualificada que el 70% de les tasques laborals. Cal no subestimar, doncs, la capacitat d'adaptació dels humans.

Hom ha especulat molt sobre l'impacte de les noves tecnologies sobre el treball i l'economia. Potser caldria aprofundir igualment en l'impacte d'aquestes sobre la nostra visió de nosaltres mateixos i sobre l'escala de valors vigent.

La força física era abans altament valorada com a element de treball i de poder. Més endavant fou sobrepassada per les capacitats intel·lectuals, o potser més exactament per l'habilitat del comerciant, de l'intermediari. Això no obstant, la força física segueix essent valorada, ara estèticament, pels que fan "culturisme" (terme paradoxal!) i esport.

Una capacitat que no desapareix, demana ésser exercitada! Allò que en un moment donat es fa en nom del treball, més tard passa a fer-se en nom de l'estètica. Probablement el desenvolupament de capacitats intel·lectuals inútils, en el sentit de "no-orientades al treball", però que es puguin exhibir, es posarà de moda. Aquest comença ja a ésser el cas de la capacitat de càlcul mental ràpid. Succeirà el mateix amb la capacitat de raonament lògic? Assolirà un valor estètic?

BIBLIOGRAFIA BÀSICA SOBRE ROBÒTICA

BRADY, M., HOLLERBACH, J. M., JOHNSON, T. L., LOZANO-PÉREZ, T. i MASON,

- M. T. (eds.) (1982): "Robot Motion". The MIT Press: Cambridge, Massachusetts.
- ENGELBERGER, J. F. (1980): "Robotics in Practice: Management and Applications of Industrial Robots". Amacon.
- FERRATÉ, G., AMAT, J., AYZA, J., BASAÑEZ, L., FERRER, F., HUBER, R. i TORRAS, C. (1986): "Robòtica Industrial". Boixareu Eds.: Barcelona.
- LEE, C. S. G., GONZÁLEZ, R. C. i FU, K. S. (1983): "Tutorial on Robotics". IEEE Computer Society Press.
- NOF, S. Y. (ed.) (1985): "Handbook of Industrial Robotics". John Wiley and Sons: Nova York.