

Robots Modulares.
Robots reconfigurables por si mismos

José Mariscal Prieto
i72maprj@uco.es

30 de marzo de 2003

1. Introducción

1.1. Robótica vs robots modulares

Uno de los problemas que encuentra la robótica actual es el diseñar robots que puedan desempeñar muchas funciones. La mayoría de los robots actuales, sólo pueden realizar una función sencilla, como caso de los robots industriales (soldadores, precintadores...). Los robots modulares surgen imitando los sistemas biológicos, se divide el robot en múltiples partes de manera similar a las células, de forma que un simple módulo, por si mismo no puede desempeñar una tarea, pero en conjunto si. De esta forma pueden realizar muchas más tareas.

1.2. Clasificación

Es difícil intentar hacer una clasificación de los robots modulares, porque cada desarrollador o grupo de desarrolladores intenta poner un estilo propio, aunque según el tipo de articulación y las configuraciones que presentan en el espacio tridimensional podemos dividirlos en:

- Lattice (red): Su principal característica es que las articulaciones en este tipo de robots son prismáticas. En dos dimensiones se conectan y se reconectan otros módulos según los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este, oeste), también existen robots con. 8 contando las diagonales noroeste, sureste, etc... Además están los 3D, los cuales tienen 6 articulaciones prismáticas, igual que los 2D pero añadiendo arriba o abajo.
- Chain (cadena): Sus articulaciones son por lo general rotacionales, produciendo ángulos. Actúan de manera similar al movimiento de una oruga o serpiente. También con movimientos peristálticos en este caso el módulo cambia de forma de manera que sus rotaciones internas generan un movimiento prismático, similar a un muelle cuando se contrae.

1.3. Características de los robots modulares

- Un módulo debe ser pequeño y lo mas simple posible, en función de el tamaño físico por módulo y el número de componentes.

- Para intercambiar información entre módulos, se utilizan principalmente diodos de infrarrojos. Otros como conectores de tipo eléctrico son mas tediosos de implementar.
- Para unir módulos se utilizan principalmente electroimanes, del que hay un estudio muy amplio denominado IB magnet que ha servido de base para los robots modulares. Aunque también se utilizan de tipo mecánico.

2. Comienzos hasta ahora

Uno de los precursores de esta idea de robots modulares es Toshio Fukuda (Universidad de Nagoya), que en 1990 propuso la idea de un robot formado por módulos especializados llamados *células*.

La idea de robots autoreparables fue estudiada en el M.E.L. (Mechanical Engineering Laboratory, Japón), y ha servido de base en la mayoría de los trabajos y proyectos actuales..

Vertientes de estudio principales en robots modulares:

1. La de la división en subsistemas independientes pero coordinados, de varios módulos que permitan realizar tareas que un solo robot no podría realizar, como búsquedas y operaciones de rescate.
2. Y al contrario, unir estos subsistemas en uno sólo, que se utiliza para tareas de monitorización y supervivencia.

2.1. Proyectos

Como proyecto destacable es el Xerox Palo Alto Research Center (P.A.R.C.): Es un grupo de investigación que principalmente se encargan de ver como afecta a la versatilidad, redundancia, coste según el numero de módulos por el cual este compuesto el robot. Uno de los principales proyectos, que podemos ver algunos ejemplos de robots modulares en su web:

<http://www2.parc.com/spl/projects/modrobots/people/index.html>

Sus principales investigadores son: Mark Yim (investigador principal), David Duff (Mecánico del PolyBot), Craig Eldershaw (Programador del PolyBot), Kimon Roufas (Electrónica del PolyBot), Ying Zhang (Arquitectura del Software) El robot que utilizan es el Polybot

un modelo mejorado a partir del polypod. Cabe destacar su labor creando programas simuladores, que permiten a los investigadores realizar las pruebas en simulador antes que en la vida real.

Existe también otro proyecto interesante en el Dartmouth Robotics Lab, principalmente buscan tipos de formas estructurales aplicables a robots moleculares. Por ejemplo se basan en las ideas de átomos y moléculas los cuales pueden tener uno o mas grados de libertad. El proyecto cuenta con un numeroso equipo, Daniela Rus dirige el proyecto, con el que cuenta con alumnos, colaboradores y visitantes como Kohji Tomita (M.E.L.)

3. Aspectos de los Robots modulares

3.1. Algorítmica aplicada a los robots modulares

El diseño de los algoritmos para robots modulares se divide principalmente en dos vertientes:

- **Planificación Descentralizada:** Cada módulo actúa independientemente solo teniendo en cuenta los mas cercanos. Los algoritmos que se utilizan en este método son el flujo de agua, que simula el descenso de el agua por una montaña hasta llegar a un estado objetivo, se aplica a superar obstáculos. También mediante el uso de conocimiento almacenado en reglas, en la que un módulo actúa o no en función de si se cumplen las precondiciones de las reglas.
- **Planificación Centralizada:** Todos los módulos actúan conjuntamente, para ello los módulos deben comunicarse entre si y normalmente utilizan algoritmos de planificación distribuida. Uno de estos algoritmos es por ejemplo el PACMAN, en el que cada módulo inicializa la búsqueda de un camino, usando solamente la información local que tienen los módulos en cada paso. Cuando se encuentra el camino todos los módulos viajan a través del camino.

3.2. Otros aspectos

Locomoción: Los robots modulares debido a su capacidad de reconfiguración se adaptan mejor a la condición mas idónea según la tarea a realizar: escalar, subir escaleras, desplazarse por el suelo...

Comunicación entre módulos: Es un factor importante, a corta distancia se utilizan infrarojos y para grandes distancias redes inalámbricas (radio frecuencias).

3.3. Ventajas

- Gran adaptabilidad al medio: La adaptabilidad al medio, gracias al cambio de su configuración, les permite que puedan ser utilizados para acceder a sitios donde el ser humano es incapaz de acceder. Por ejemplo: control en centrales nucleares o la investigación espacial
- Reutilización: Los módulos pueden ser reutilizados para otras muchas mas tareas y cambiar la función que desempeñan.
- Robustez: Estos robots son muy redundantes, tienen la funcionalidad de autorepararse o suplir la función de aquellos módulos que mal funcionen o estén estropeados. La funcionalidad esta muy relacionada con el numero de módulos, de manera que puede ser que para un cierto numero "n" de módulos el sistema sea tolerante a un numero "k" de módulos.
- Utilización en tareas donde otros robots no podían: Como trabajar en grandes profundidades marinas o en el espacio exterior, permitiendo actuar de múltiples formas según los requerimientos del entorno.
- Facilidad de diseño: Diseñar un sólo módulo es mas sencillo que un complejo robot.

3.4. Inconvenientes

- Energía: Uno de los inconvenientes es la obtención de energía para cada módulo, normalmente el método que se utiliza para pruebas finales son baterías, llegándose a obtener buenos resultados siempre a corto plazo. Antes de pasar a experimentos finales, normalmente se conecta el robot a una toma de corriente eléctrica externa.
- Peso: Hay que pensar que un módulo tiene que estar diseñado para soportar el peso de su estructura interna (motores, actuadores, fuentes de energía, etc...), y a veces las de un módulo cercano. También condiciones adversas del medio.
- Precio elevado: Es costoso realizar una simulación de este tipo de robots en la vida real, por lo que a veces se tienen que utilizar simuladores, que permitan el estudio antes de llevarlo a la práctica con buenos resultados.

4. Conclusiones

La construcción de robots mediante módulos permite el diseño de robots de una forma más sencilla, ya que sólo hay que diseñar los módulos. También hay algunos aspectos que no se han aplicado a robots modulares como el uso de paneles solares, que podrían suministrar energía extra o servir de recarga para las baterías, incrementando el tiempo de uso del robot.

La toma de datos o la programación de estos robots y la mayoría deben ser lo más simples posibles y cercanas a un lenguaje próximo al natural, por lo que se utilizan lenguajes como XML para depositar los datos.

Referencias

- [1] Daniela Rus, Zack Butler, Keith Kotay, Marsette Vona [Communications of the ACM, March 2002/Vol 45. Pag 39]
- [2] G. Dudek, M. Jenkin, [Computational Principles of Mobile Robotics Cambridge University Press, 2000]
- [3] Mtran modular robot: <http://staff.aist.go.jp/e.yoshida/test/top-e.htm>
- [4] P.A.R.C., proyecto de Xerox: <http://www2.parc.com/spl/projects/modrobots/>
- [5] IB Magnet, como fundamento de los conectores magnéticos: <http://mozu.mes.titech.ac.jp/research/isi/IBmagnet/IBmagnet.html>
- [6] Dartmouth Robotics Lab: <http://www.cs.dartmouth.edu/robotlab/robotlab/robots/>
- [7] Self Repairing Machines (M.E.L.): <http://www.aist.go.jp/MEL/mainlab/joho/joh05e.html>

Índice

| | |
|--|----------|
| 1. Introducción | 2 |
| 1.1. Robótica vs robots modulares | 2 |
| 1.2. Clasificación | 2 |
| 1.3. Características de los robots modulares | 2 |
| 2. Comienzos hasta ahora | 3 |
| 2.1. Proyectos | 3 |
| 3. Aspectos de los Robots modulares | 4 |
| 3.1. Algorítmica aplicada a los robots modulares | 4 |
| 3.2. Otros aspectos | 4 |
| 3.3. Ventajas | 5 |
| 3.4. Inconvenientes | 5 |
| 4. Conclusiones | 6 |