B-CUBE

Chulvi, V.(p) ; Vidal, R.; Cebrián-Tarrasón, D.

Abstract

The terms Function, Behaviour, Structure have been used since the 1990s in order to define a framework where a system's functionality can be modelled and represented: the FBS framework. Within this framework, Function represents the functions of the system, Structure represents the physical elements, and Behaviour acts relating them both.

Several common deficiencies have been found from the study of several works carried out on the field of functional design, such as the lack of an integrated approach or a stable conceptual framework. Likewise, it has been proven that the process of functional design automation exhibits problems as well with regard to taxonomies or linking to CAI (Computer Aided Inventing) programs. Moreover, subjectivity from the designer when he interprets the behaviours need to be considered.

In this article we present a new approach to functional design through FBS framework, able to solve, a priori, the aforementioned problems. This approach, called B-Cube, proposes a three dimensional scheme that uses definitions as Behaviours concepts. The key of this approach is that a Behaviour is not defined with a word or a taxon, which could cause ambiguity and misinterpretation, but rather defined as a three dimensional vector (X, Y, Z), set by its characteristics and qualities.

Keywords: FBS, Behaviour, functional design, B-Cube

Resumen

Los términos Function, Behaviour, Structure han sido utilizados desde los años 90 para definir un marco donde modelar y representar la funcionalidad de un sistema, el marco FBS. En este marco, Function representa las funciones del sistema, Structure los elementos físicos y Behaviour actúa relacionando los dos anteriores.

Del estudio de diversos trabajos realizados en el campo del diseño funcional se observan carencias comunes, como son la falta de un enfoque integrado y de un esquema conceptual estable. Igualmente, se ha comprobado que su proceso de automatización también presenta problemas, en cuanto a taxonomías o vinculación a programas CAI (Computer Aided Inventing). Además, se debe considerar la subjetividad del diseñador al interpretar los Behaviours.

Este artículo presenta un nuevo enfoque para el diseño funcional a través del marco FBS, capaz de solucionar, a priori, los problemas anteriormente citados. Dicho enfoque, denominado B-Cube, propone un planteamiento tridimensional que utiliza definiciones a modo de conceptos de los Behaviours. La clave de este planteamiento es que un comportamiento no queda definido por una palabra o taxón, hecho que puede dar pie a ambigüedades e interpretaciones erróneas, sino que el comportamiento viene definido como un vector tridimensional (X, Y, Z), determinado por sus características y cualidades.

Palabras clave: FBS, Behaviour, diseño funcional, B-Cube

1. Introducción

Los términos función (Function), comportamiento (Behaviour) y estructura (Structure) han sido utilizados desde los años 90 para definir un marco donde modelar y representar un sistema considerando su funcionalidad , el marco FBS (Function-Behaviour-Structure) [1, 2]. En este marco, Function representa las funciones que el diseño desempeña; Structure representa los elementos físicos de la solución y behaviour actúa como enlace entre los dos anteriores. En la síntesis de soluciones el behaviour se deriva a partir de una funcionalidad intencionada para, a partir del mismo llegar a una solución. Y cuando se ha definido una solución, se deduce el behaviour de ésta para evaluar si la solución alcanza la funcionalidad esperada. El behaviour por tanto, se relaciona con el estado físico de un diseño, tanto si este estado varía con el tiempo como si permanece estático.

Es por ello que el marco FBS ha sido uno de los pilares maestros sobre el que se ha desarrollado el diseño funcional [3-6]. En el estudio de diversos trabajos realizados en este campo se pueden observar carencias comunes, como son la falta de un enfoque integrado y de un esquema conceptual estable para describir el conocimiento implícito utilizado y capaz de recuperar el conocimiento [7-9]. Igualmente, se ha comprobado que el proceso de automatización del diseño funcional también presenta problemas, en cuanto a taxonomías o vinculación a programas CAI (Computer Aided Inventing) [10, 11]. A todo ello se le debe añadir la subjetividad del diseñador al interpretar los Behaviours [12].

En este artículo se presenta un nuevo enfoque para el diseño funcional a través del marco FBS, capaz de solucionar, a priori, los problemas anteriormente citados. Dicho enfoque, al que hemos llamado B-Cube (Behaviour's cube o cubo de comportamientos), propone un planteamiento tridimensional que utiliza definiciones a modo de conceptos de los Behaviours. El modelo B-Cube está basado principalmente en la meta-ontología DOLCE [13] y la propuesta funcional de Garbacz [14, 15] sobre la misma, apoyándose igualmente en el concepto de definición del comportamiento humano de Rasmussen, cuyo resultado deriva en el modelo SRK (Skill, Rule, Knowledge) [16].

2. Definiciones

La elaboración del modelo B-Cube parte de las tres definiciones básicas de DOLCE, interpretadas para poder ser aplicadas a nuestra propuesta tal y como se muestra en la siguiente tabla (tabla 1):

Elemento	Definición DOLCE	Adaptación
Endurant (ED): physical (PED) non-physical (NPED)	Entidad cuyas partes están presentes siempre que la entidad está presente.	Ente o elemento al que se refiere la entrada en la matriz (B-Cube).
Perdurant (P)	Entidad de la cual algunas partes no están presentes en algún momento en que la entidad está presente.	Tipo de comportamiento al que se refiere el ente o elemento citado anteriormente.
Quality (Q): temporal (TQ) physical (PQ) abstract (AQ)	Entidad que está ligada a otra entidad.	Característica o cualidad. TQ → P PQ → PED AQ → NPED

Tabla 1. Definiciones previas.

Para entender posteriormente la clasificación de los Perdurant, se han de adelantar las definiciones de los términos *acumulativo*, *homeomérico* y *atómico*:

- Acumulativo: La suma mereológica de dos casos del mismo tipo mantiene ese mismo tipo.
- Homeomérico: Si y sólo si todas sus partes temporales se pueden describir por la misma expresión que la nombra.
- Atómico: Inmesurablemente pequeño. No se puede partir en partes de menor tamaño.

Del mismo modo, para poder comprender las AQ, es necesario describir la definición de los términos *Skill*, *Rule* y *Knowledge* según Rasmussen:

- Skill: Sin control consciente; Sin meta.
- Rule: Sigue un procedimiento o "regla escrita"; Sin meta explicita, pero implícita en la situación.
- Knowledge: El control necesita un nivel conceptual superior; Meta formulada explícitamente.

3. Metodología

De las definiciones de DOLCE descritas en el apartado anterior sabemos que existen elementos (ED) y tipos de comportamiento (P) de dichos elementos. La primera suposición consiste en que para definir un comportamiento establecemos un eje X con el ED afectado por dicho comportamiento y un eje Y con el tipo de comportamiento P. Suponiendo un número finito de perdurants, el eje Y queda ya definido con sus valores (y_1, y_2... y_j).

Por su parte, se sabe que el número de elementos (ED) en el universo tiende al infinito, por lo que parece inviable, a priori, el establecer valores limitados en el eje X. En un principio, diferenciaremos simplemente si se trata de un elemento tangible o físico (PED), al cual le corresponderá un valor +X, o si es un elemento abstracto (NPED), al cual le corresponde un valor –X. Por tanto, los ED sirven para determinar la entrada en la matriz (B-cube), pero no sirven para definir el comportamiento. Sin embargo, la idea de que definen el tipo de entrada en la matriz (físico o abstracto) es útil si nos apoyamos en las Q como características o cualidades de los ED.

Se ha visto en la tabla 1 que las PED quedan definidas por las PQ, mientras que las NPED por las AQ. Considerando que existe un número finito de características que definen a los elementos (que tienden al infinito), en el eje X se considera mejor definido con los valores correspondientes a las características que afectan al tipo de ED que con los mismos ED (figura 1):

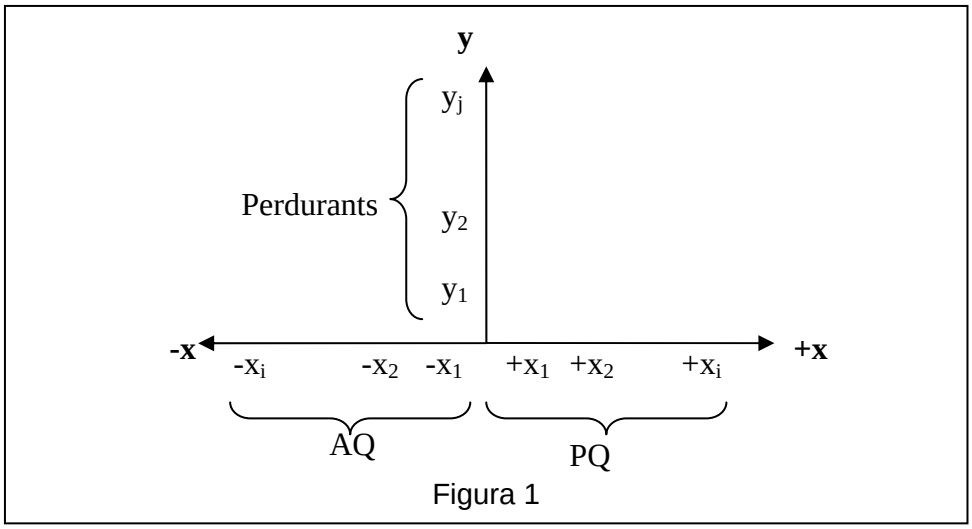

Figura 1

La cualidad temporal (TQ) queda definida como una característica ligada a P. Puesto que P si que se ha considerado útil para describir un comportamiento, TQ se enfrenta a P en otro eje (eje Z). Por tanto, considerando un número finito de TQ, el modelo final queda del siguiente modo (figura 2):

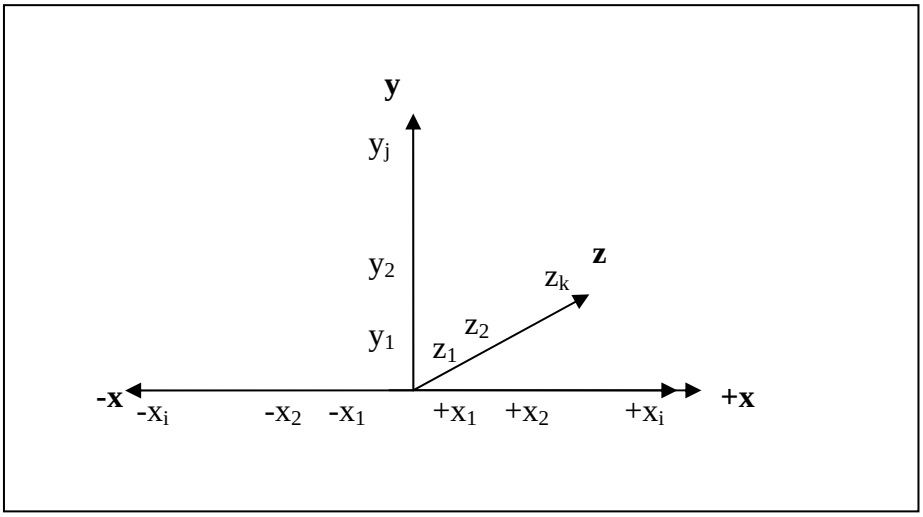

Figura 2

Por tanto, un elemento físico, como puede ser por ejemplo “tornillo”, tendrá un behaviour que quedará definido como ($+x_i$, y_j, z_k), mientras que un elemento abstracto, como por ejemplo el desempeño en la empresa de un “comercial”, tendrá un behaviour definido por las coordenadas ($-x_i$, y_j, z_k).

Siguiendo la línea empezada por DOLCE y continuada por Garbacz, añadiendo los conceptos de Rasmussen, y una vez realizadas las adaptaciones consideradas oportunas para nuestro propósito, los valores para los ejes del modelo B-Cube se han denominado del siguiente modo:

Para la matriz final los P han quedado definidos como:

- Achievement: el comportamiento es no-acumulativo y atómico.
- Accomplisment: el comportamiento es no-acumulativo y no-atómico.
- State: el comportamiento es acumulativo y homeomérico.
- Process: el comportamiento es acumulativo y no-homeomérico.

Así, por ejemplo, la acción de caer un rayo es un achievement, pues no es acumulativo, si sumas otra acción igual da como resultado la caída de dos rayos, y es instantáneo. Un accomplisment es dar una conferencia: con otra acción igual has dado dos conferencias, pero en este caso no es un acto instantáneo. Como ejemplo de state tenemos estar sentado, donde si sumas dos acciones de estar sentado sigues estando sentado, y cualquier momento de la acción se describe con el mismo nombre. Por último, correr es un process. Del mismo modo que en el ejemplo anterior, si sumas dos acciones de correr, el resultado sigue siendo correr, pero en este caso si descompones la acción en partes tienes estados distintos: pie derecho, pie izquierdo, pie derecho...

Las PQ se definen como:

- Spatial location: la posición que ocupa el PED en el espacio.
- Topological connectedness: el tipo de conexión topológica que cumple el PED.
- Energy: relativo al estado energético en que se encuentra el PED.
- Magnitude: magnitud física afectada por el PED.
- Signal: relativo al efecto del PED sobre la señal.

Apartar un objeto corresponde a spatial location. Por su parte, la acción de romper el objeto es referente a su topological conectedness. Cargar una batería tiene un PQ correspondiente a energy, reducir el peso a magnitude y un móvil transmitiendo una señal a signal.

Por su parte, las AQ quedan definidas del siguiente modo:

- Skill: sin control consciente.
- Rule: con control consciente. Siguiendo unas normas prefijadas.
- Knowledge: con control consciente. No existen normas prefijadas.

Para entender mejor estos conceptos, tomamos el ejemplo de un violinista. Si la persona ya sabe tocar el violín y está tocando una melodía que ya conoce, eso es un skill, pues no necesita una concentración especial en lo que esta haciendo. Se puede entender como que actúa el cerebelo. El mismo violinista en un concierto siguiendo una partitura es una rule. En este caso el violinista está concentrado en su acción y una distracción puede mermar su capacidad de realizar la acción, pero al mismo tiempo está sujeto a unas normas estrictas: la partitura. Cuando este violinista se sienta en su casa a componer su propia obra, eso seria un knowledge. Esta acción requiere de plena concentración, y el hombre tiene total libertad a la hora de escoger que nota pone, en que posición y de que duración.

Las TQ relacionan como afecta el P a las PQ y AQ, por lo que se distribuyen de la siguiente manera:

- Initial SoA: La PQ se encuentra al principio y el P actúa eliminándola o reduciéndola.[1]

[1] Excepto en la PQ “Spatial location”, que queda definida por convenio con las demás.

- Immutable SoA: P no varía la PQ, ésta se mantiene en su estado.
- Final SoA: La PQ se consigue al final como consecuencia de P.

En este caso, la acción de consumir energía corresponde a initial SoA, pues la energía está en un principio y la acción la elimina. Del mismo modo, cargar una batería es un final SoA, pasamos de un estado sin energía a otro con energía a través de la acción. Por último, immutable SoA es cuando no varía el estado de la PQ. Por ejemplo, la conversión de la energía: al principio y al final de la acción mantenemos la misma cantidad de energía.

4. Resultado y conclusiones

El resultado de los pasos anteriores es el modelo B-Cube (figura 3). Lo que diferencia este modelo del resto es el hecho de que un comportamiento no queda definido por una palabra o taxón, hecho que puede dar pie a ambigüedades e interpretaciones erróneas, sino que el comportamiento viene definido como un vector tridimensional (X, Y, Z), determinado por sus características y cualidades.

El modelo en sí permite, a través de una ontología adecuada, crear los vínculos necesarios para automatizar el proceso de diseño en un marco FBS. Dicho vínculo permite, a su vez, compartir información con otro tipo de aplicaciones informáticas relacionadas al diseño, tales como herramientas CAI, diseño para el desensamblaje o de evaluación medioambiental. Al transmitir el conocimiento en forma de Behaviours se consigue una estabilidad en el sistema y se evitan interpretaciones incoherentes sobre la aplicación práctica de una Function. Del mismo modo, el hecho de transmitir dicho Behaviour con un vector que lo define se consigue una mayor transmisión de las características del Behaviour que la que se conseguiría con un único taxón, evitando las confusiones derivadas de usos de diferentes taxonomías por las distintas aplicaciones que se desea vincular.

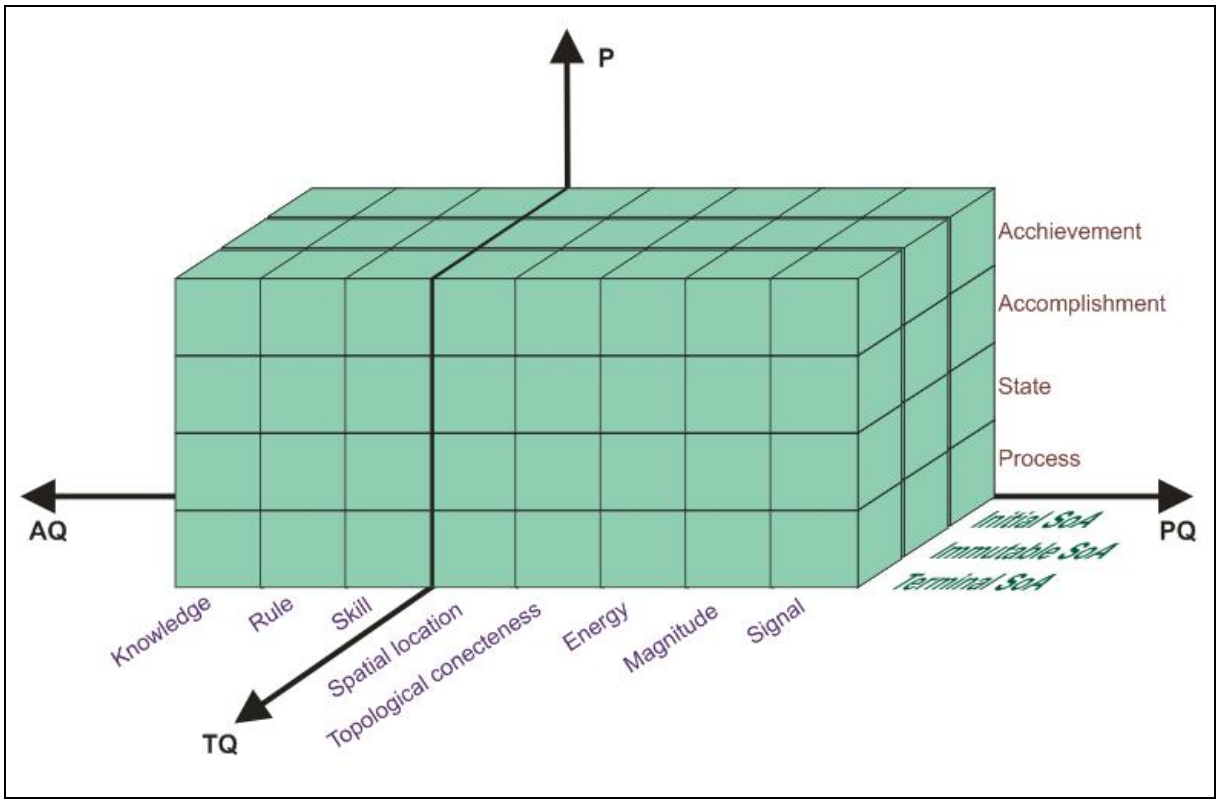

Figura 3. Modelo B-Cube

Referencias

[1] Gero J. Design prototypes: A knowledge representation schema for design. AI Magazine 1990; 11:26 - 36.

[2] Umeda Y, Takeda H, Tomiyama T, Yoshikawa H. Function, Behaviour, and Structure. In: Gero J, editor. Applications of Artificial Intelligence in Engineering V. Berlin: Springer; 1990, p. 177-94.

[3] Gero JS, Kannengiesser U. The situated Function-Behaviour-Structure framework. Design Studies 2004; 25:373-91.

[4] Zhang WY, Tor SB, Britton GA, Deng YM. Functional design of mechanical products based on Behaviour-driven Function-Environment-Structure modeling framework. Singapore; 2002, p. 8.

[5] Umeda Y, Kondoh S, Shimodura Y, Tomiyama T. Development of design methodology for upgradable products based on Function-Behavior-State modeling. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing (AIEDAM) 2005; 19:161-82.

[6] Mulet E, Vidal R. Functional requirements for computer-based design support systems, derived from experimental studies. Knowledge-Based Systems 2006; 19:32-42.

[7] Nagel RL, Vucovich JP, Stone RB, McAdams DA. Signal flow grammar from the functional basis. 16th International Conference on Engineering Design. Paris, France; 2007.

[8] Borst P, Akkermans H, Top J. Engineering ontologies. International Journal of Human-Computer Studies 1997; 46:365-406.

[9] Veyrat N, Blanco E, Trompette P. When shape does not induce function: Why designers must not lose the big picture. 16th International Conference on Engineering Design. Paris, France; 2007.

[10] Chulvi V, Vidal R. Vinculación de TRIZ con el diseño funcional. XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos (AEIPRO). Lugo; 2007, p. 613-21.

[11] Cebrian-Tarrason D, Lopez-Montero JA, Vidal R. OntoFaBeS: Ontology Design Based in FBS Framework. CIRP Design Conference 2008. University of Twente; 2008.

[12] Roy U, Bharadwaj B. Design with part behaviors: behavior model, representation and applications. Computer-Aided Design 2002; 34:613-36.

[13] Masolo C, Borgo S, Gangemi A, Guarino N, Oltramari A. WonderWeb Deliverable D18. Laboratory for Applied Ontology - ISTC-CNR; 2003.

[14] Garbacz P. Towards a standard taxonomy of artifact functions. Applied Ontology 2006; 1:221-36.

[15] Borgo S, Carrara M, Vermaas PE, Garbacz P. Behaviour of a technical artifact: An ontological perspective in engineering. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications 2006; 150:214–25.

[16] Rasmussen J. Skills, rules, and knowledge; Signals, signs and symbols, and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics 1983;SMC-13:257 - 66.

Agradecimientos

Los autores muestran su gratitud al Ministerio de Educación y Ciencia por su financiamiento bajo el proyecto con referencia DPI2006-15570-C02-00 dentro del plan nacional de I+D+i (2004 – 2007) y a los fondos FEDER de la Unión Europea. Del mismo modo, los autores muestran su agradecimiento al apoyo del resto de personal del Grupo de Ingeniería del Diseño (GID) de la Universitat Jaume I de Castellón.

Correspondencia

Vicente Chulvi Ramos.
Grupo de Ingeniería del Diseño (GID)
Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universidad Jaume I.
Avenida Sos Baynat s/n. 12071 - Castellón (España)
Teléfono: +34 964 72 9252 Fax: +34 964 72 8106
E-mail: chulvi@emc.uji.es
URL: www.gid.uji.es

Rosario Vidal Nadal
Grupo de Ingeniería del Diseño (GID). Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción.
Universitat Jaume I. Castellón (España).

David Cebrián Tarrasón
Grupo de Ingeniería del Diseño (GID). Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción.
Universitat Jaume I. Castellón (España).