

빌딩블럭을 이용한 조립시스템 구성에 관한 연구

이주영*(성균관대 대학원 기계공학과), 감무진(성균관대 기계공학부)

A Study on the Configuration of Assembly System using Building Blocks

J. Y. Lee (Mechanical Eng. Dept., SKKU), M. Kang (Mechanical Eng. Dept., SKKU)

ABSTRACT

Design of manufacturing system is a very complicated and tricky process. Since no efficient method has been known, yet it has been mainly done based on experience and heuristics. Even mostly used simulation approaches can only evaluate the performance of an already configured system, but cannot provide a help to configure or reconfigure a manufacturing system. An efficient way to (re-)configure manufacturing systems might be to use building blocks of a manufacturing system in the similar manner the recent products are configured based on modular principle. In this paper, the concept of a building block and its representation method are described. An example of assembly system configuration is also given.

Key Words : Assembly system(조립시스템), Building block(빌딩블럭), Building block library(빌딩블럭 라이브러리), Configuration(구성)

1. 서론

최근 모듈개념을 이용한 설계가 전자 제품뿐만 아니라 기계 제품에도 적용되는 등 보편화되고 있다. 특히 제품 설계시 기능적 모듈은 하나의 primitive function을 만족시키며 기어박스나 베어링과 같은 하나의 부품에 대응한다. 기계 제품 설계의 처음 단계에서는 단지 제품에 대한 추상적인 요구밖에 없다. 제품 설계자는 요구를 만족시키는 primitive function과 그것을 만족시키는 모듈을 선택하고 CAD 시스템을 사용하여 모듈을 연결 및 결합함으로써 제품을 설계한다. 또한 제품을 모듈로서 분해함으로써 조립순서를 만들어 낼 수 있다. 이와 같이 제품 설계시 모듈개념을 사용하는 것과 같이 생산시스템의 요소를 모듈로 표현하고 이를 조합하여 생산시스템을 설계할 수 있다.^{1,2}

생산시스템 요소를 모듈로 표현하고자 하는 노력의 일환으로 본 논문에서는 빌딩블럭 개념을 사용한다. 빌딩블럭으로 구성된 시스템을 설계하기 위해서는 시스템을 분해하여 모듈화 할 수 있어야 한다. 빌딩블럭으로 구성된 시스템은 주위 환경변화

에 따라 신속하게 재구성될 수 있다. 적절한 빌딩블럭을 선택하고, 선택된 빌딩블럭을 최적으로 조합하는 과정이 수행되어야 하며, 빌딩블럭들은 빌딩블럭 라이브러리에 저장되었다가 필요한 경우에 다시 쉽게 사용될 수 있는 재사용성을 지닌다.

2. 빌딩블럭의 개념

빌딩블럭은 생산요소 자체를 가리키는 설비인 resource와 resource가 수행할 수 있는 작업 공정인 process, 그리고 resource와 process에 관련된 구속조건인 constraint를 포함한다.³ 즉, 하나의 빌딩블럭은 어떤 작업을 수행하기 위해 어떠한 공정과 그 공정에 사용될 설비와 구속조건들을 내포하고 있다. Fig. 1은 빌딩블럭을 구성하는 요소들을 보여준다. Resource는 빌딩블럭을 구성하는 요소이며 빌딩블럭과 "has a" 관계에 있고 대응관계는 일대다 관계이다. Process와 빌딩블럭, constraint와 빌딩블럭 간의 관계도 "has a" 관계에 있으며 일대다 대응을 이룬다. 예를 들어 resource type이 로봇인 빌딩블럭은

실제 설비인 resource가 로봇이고 로봇 팔 끝 단에 결합 가능한 end effector로서 용접 건이 결합된다면 로봇과 용접 건을 합친 것도 새로운 하나의 빌딩블럭으로 볼 수 있다. Welding, loading/unloading, sealing과 같이 로봇이 수행 가능한 process는 여러 가지가 있기 때문에 빌딩블럭과 process가 일대다 관계를 이룬다. 빌딩블럭의 구성요소인 resource와 process가 가지는 구속조건이 빌딩블럭의 constraint가 된다. resource측면의 구속조건으로 로봇과 다른 로봇과의 결합 혹은 용접건과 다른 용접건과의 결합은 이루어질 수 없기 때문에 결합여부 constraint가 된다. process측면의 구속조건으로는 공정의 순서나 선후관계가 constraint가 될 수 있다. 또한 하나의 resource가 여러 가지 process를 수행할 수 있고 하나의 process는 여러 가지 resource가 필요한 경우가 있으며, resource와 process 내에 구속조건들이 있기 때문에 resource, process, constraint는 각각 서로 다대다 관계에 있다. Resource, process, constraint 세 가지 구성요소들이 "has a" 관계에 의해 빌딩블럭을 이루고, 이렇게 구성된 여러 개의 빌딩블럭들이 결합하여 하나의 스테이션을 구성한다. 마찬가지로 여러 개의 스테이션이 모여서 하나의 라인을 형성하게 되는 것이다.

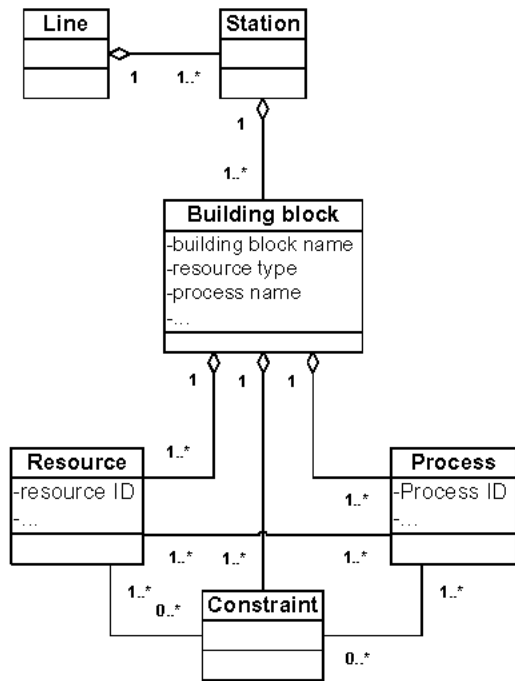


Fig. 1 Object model for manufacturing system components

Fig. 2 는 객체지향 방법으로 표현한 빌딩블럭을 보여준다. 빌딩블럭의 조합으로 이루어진 n 개의 스테이션이 하나의 라인을 이루고 있고, 첫 번째 스

테이션 1 을 구성하는 빌딩블럭 중의 하나를 선택하여 그것의 속성과 속성들을 다루는 메소드를 보여주고 있다. 그림에서 예로 보이는 빌딩블럭 A 의 resource type 은 로봇이며, 속성으로는 로봇의 질량, 로봇의 제어 축 개수를 나타내는 number of axes, 로봇의 끝 단에 결합할 수 있는 end effector 의 최대무게를 표시하는 payload, 로봇 팔이 도달할 수 있는 최대거리, 로봇이 다른 빌딩블럭과 어떤 위치 관계에 있는지를 나타내는 relative position, 용접건과 같은 다른 빌딩블럭과 결합 방향을 표시하는 direction(vector)등을 속성으로 가지고 있다. 빌딩블럭은 속성 이외에도 메소드를 포함하고 있다. 메소드는 빌딩블럭이 포함하고 있는 속성들의 이용을 가능하게 하는 것으로 빌딩블럭이 공정을 수행하기 위한 방법이라 할 수 있다. 빌딩블럭은 자신이 가지고 있는 메소드를 통하여 다른 빌딩블럭과 결합한다. Resource type 이 로봇인 빌딩블럭은 attachGun() 메소드를 통하여 resource type 이 용접건인 빌딩블럭과 결합할 수 있다. 또한 로봇이 수행할 수 있는 용접공정은 arcWel(), spotWel() 메소드로 표현할 수 있고, material handling 공정은 loading(), unloading(), positioning() 과 같은 메소드를 이용한다.

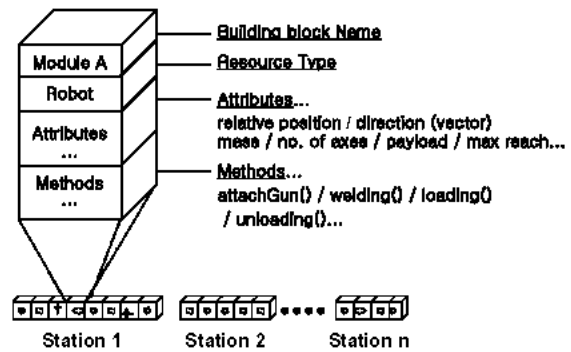


Fig. 2 An example of building block representation

3. 빌딩블럭을 이용한 시스템 구성

Fig. 3 은 빌딩블럭으로 구성된 시스템의 재구성을 개념적으로 설명하고 있다. 초기 시스템 A는 빌딩블럭 라이브러리로부터 1, 2, 3, 4, 5 번 빌딩블럭을 제공받아 구성된 시스템이다. 이렇게 작동되고 있던 시스템이 요구사항의 변화로 인하여 시스템 구성의 변화가 필요할 경우, 시스템A는 필요 없는 빌딩블럭은 버리고 필요한 빌딩블럭을 빌딩블럭 라이브러리에서 선택하여 자신의 시스템을 재구성할 수 있다. 새롭게 구성된 시스템 A1 은 빌딩블럭 2 번을 버리고 자신에게 필요한 빌딩블럭 8 번을 2 번자리

에 위치시킴으로써 이전 시스템 A와는 다른 새로운 시스템을 구성한다. 마찬가지로 시스템 A2는 2번 대신에 7번을, 시스템 A3는 2번 대신에 6번 빌딩블럭을 취함으로써 자신의 시스템을 재구성하여 새로운 환경에 적응할 수 있다.⁴⁵

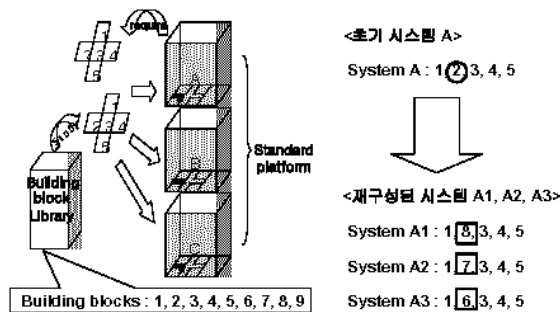


Fig. 3 Building block concept in manufacturing system

4. 조립시스템 configurator

Configurator는 빌딩블럭을 이용하여 조립시스템을 구성하기 위한 틀로서 그 framework은 Fig. 4와 같다.

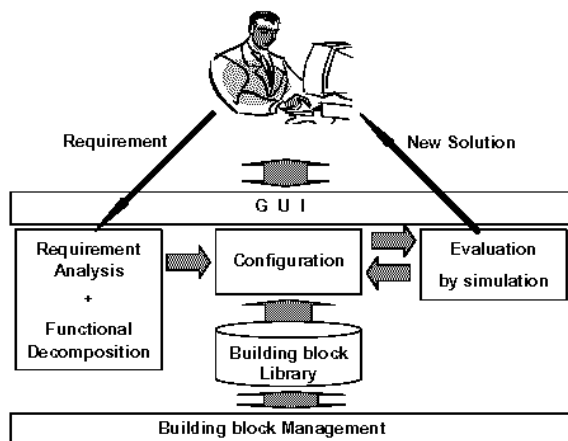


Fig. 4 Framework of design manufacturing system

사용자가 시스템을 설계하고자 할 때 사용자는 먼저 최종 생산 시스템이 갖추어야 할 요구사항들을 입력 값으로 입력한다. 이렇게 입력된 요구사항들은 DFD/IDEF0, Axiomatic design(공리적 설계)등과 같은 기능적 전개기법을 이용한 분해방법으로 최하위 leaf level로 분해되어 configurator의 입력요소들 들어간다. configurator는 빌딩블럭 라이브러리에서

입력요소를 만족하는 적절한 빌딩블럭들을 빌딩블럭 라이브러리에서 선택하고, 이렇게 선택된 빌딩블럭들을 조합하는 과정을 거쳐서 새로운 시스템 설계대안들을 제시한다. 이렇게 제시된 대안들 중에서 가장 최적의 시스템을 선택하기 위해서 ARENA, QUEST와 같은 시뮬레이션 프로그램이 사용되고, 시스템 분석이 수행되면 사용자는 몇 가지 대안 중에서 자신이 의도한 목적에 가장 알맞은 시스템을 선택할 수 있다.

Configurator에서 수행되는 내용의 흐름은 다음과 같다.

Step 1. 입력

사용자는 구성될 시스템이 갖추어야 할 기능에 대해 configurator에 요구사항인 입력 값들을 입력한다. 입력 값들의 구체적인 내용은 다음과 같다.

- a. General operation information
구성될 시스템이 수행하여야 할 operation 들을 입력한다.
- b. General welding method information
Operation task (특정한 welding task 내에서)
용접 점의 위치정보
용접 점의 두께정보
용접 점의 용접순서
Spot welding 일 경우: 가압력 크기, 통전시간, 주울발열 크기 정보
Arc welding 일 경우: gas 종류, 모재 종류
Loading/unloading, positioning 좌표정보

Step 2. 빌딩블럭 클래스 선택

configurator는 사용자가 입력한 요구사항들을 받아들여서 입력된 사항을 만족하는 빌딩블럭들이 속해 있는 빌딩블럭 클래스를 선택한다. Table. 1은 빌딩블럭 라이브러리 내에 있는 각 클래스들의 리스트이다.

Table. 1 Example of building block library

building block class	resource type	available process	xcoord	ycoord	zcoord
CHanR	robot	handling	0	0	1
CAssR	robot	assembly	0	0	1
CArcR	robot	auto arc welding	0	0	1
CSpoR	robot	auto spot welding	0	0	1
CSeaR	robot	auto sealing	0	0	1
CMarR	robot	auto marriaging	0	0	1
CLoaR	robot	(un-)loading	0	0	0
CMwelG	manual gun	manual welding	0	0	0
CAwelG	auto gun	auto welding	0	0	-1
CLab	labor	(un-)loading / welding	0	0	0
CJig	jig	transporting	0	0	0
CFix	fixture	fixturing	0	0	0

Step 3. 빌딩블럭 선택

빌딩블럭 라이브러리 내에 있는 특정 클래스들을 선택한 후에는 빌딩블럭 클래스 내에 있는 빌딩블럭들을 선택한다.

Step 4. 빌딩블럭 조합

빌딩블럭들을 선택하는 과정을 거친 후에 선택된 빌딩블럭들을 조합한다.

Step 5. 스테이션 완성

선택된 빌딩블럭들을 조합하는 알고리즘에 의해 조합하는 과정을 거치고 나면 몇 가지 빌딩블럭으로 구성된 스테이션 단위의 생산시스템이 완성된다. 하나의 스테이션이 완성되면 다음 스테이션을 구성하기 위한 빌딩블럭들의 선택과 조합이 이루어지고 이러한 과정을 거치면서 라인단계까지의 시스템을 구성하게 된다.

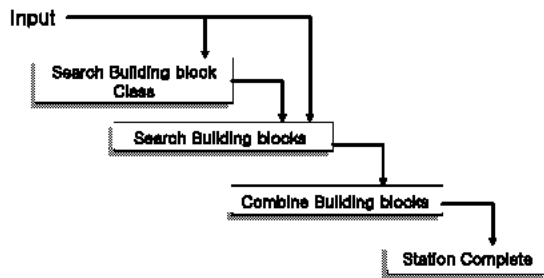


Fig. 5 Configuration steps

5. 적용사례

Fig. 6은 빌딩블럭 mSwelR 로봇과 mSwelG 용접건의 결합관계를 보여주고 있다. mSwelR는 빌딩블럭 라이브러리 내에 CspoR class에 속해 있는 resource type 이 로봇인 빌딩블럭이며, mSwelG는 CAwelG class 내에 있는 resource type 이 auto welding gun인 빌딩블럭이다. 두 빌딩블럭의 resource type 과 속성, 메소드는 다음과 같다.

[mSwelR]

building block name: mSwelR

resource type: robot

attributes:

- number of axes: 6
- payload: 165 kg
- max reach: 2650 mm
- repetitive accuracy: ±0.2 mm
- mass: 1300 kg
- direction (vector number: +1)

methods:

- attachGun()
- spot_welding()
- loading()
- unloading()
- positioning()

[mSwelG]

building block name: mSwelG

resource type: auto welding gun

attributes:

- electrode pressure force: 270~330 kgf
- gun type: robot gun
- application: spot welding
- direction (vector number: -1)

methods:

- joint()
- spot_welding()
- marriaging()

빌딩블럭 mSwelR와 mSwelG는 jointRelation 관계에 있으며 서로 결합하여 mSwelRG라는 하나의 빌딩블럭을 만들 수 있다. mSwelR는 attachGun()메소드를 사용하여 용접건과의 결합을 이루고, mSwelG는 joint()메소드로 로봇과 연결된다. 빌딩블럭의 결합방향을 나타내는 속성인 direction은 로봇팔의 단면을 수직으로 잘랐을 때 단면과 수직인 방향을 z 방향으로 설정한다. 이 경우 mSwelR의 z 방향 값이 +1을 가지며, mSwelG는 -1 값이 되어 두 빌딩블럭이 z 방향으로 결합하면 direction 값이 0이 되면서 하나의 빌딩블럭이 되어 자동화된 spot 용접 공정을 수행할 수 있게 된다.

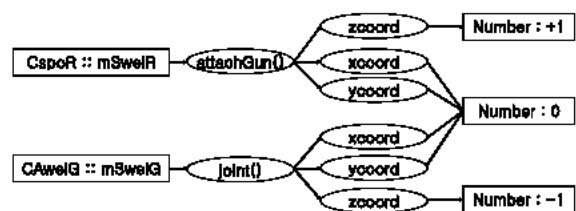


Fig. 6 Example of joining two building blocks

mlabor와 mPwelG는 resource type 이 작업자와 portable welding gun이다. mlabor와 mPwelG는 작업자가 용접건을 사용하여 용접을 수행하기 때문에 useRelation 관계에 있다.

Fig. 7은 configurator를 차체 조립 라인 구성에 적용하여 구성된 라인 전체의 빌딩블럭들과 계층구

조, 관계를 보여 준다.

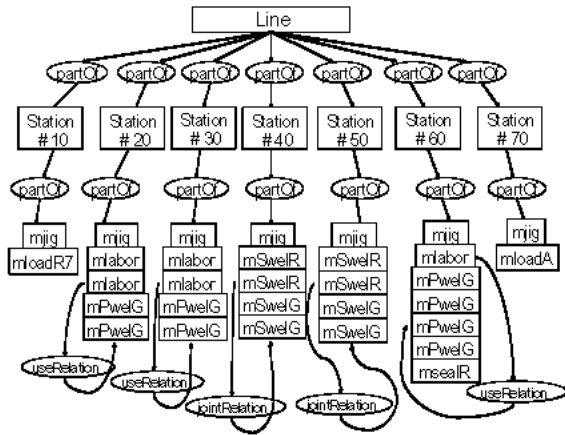


Fig. 7 Example of an automotive body welding line

대상 라인은 8 가지 종류의 빌딩블럭이 있으며, 총 빌딩블럭 수는 31 개로 구성되어 있다. 스테이션 #10 에서 스테이션 #70 번 까 지의 각 스테이션에서 빌딩블럭 mijg0 은 공통 구성요소이다. 전체 라인은 7 개의 스테이션으로 구성되어 있으며, 작업순서는 차체 용접 라인이 flow line 이므로 스테이션 #10 부터 순차적으로 진행되고 빌딩블럭간의 결합관계와 계층구조를 볼 수 있다. 라인, 스테이션, 빌딩블럭은 직사각형 모양으로 표시되었으며, 라인과 스테이션간의 관계, 스테이션과 빌딩블럭간 관계, 빌딩블럭과 빌딩블럭간 관계는 타원으로 표시되어 있다.

6. 고찰

본 연구에서는 빌딩블럭 개념을 이용하여 조립시스템을 구성하는 방안에 대해 고찰해 보았다. 제품의 모듈화에 대한 연구는 많이 진행된 반면 제품을 만드는 생산시스템을 모듈화하는 연구는 그렇지 못한 실정이다. 빌딩블럭을 이용한 생산시스템을 구성하기 위해서는 먼저 빌딩블럭을 저장하는 빌딩블럭 라이브러리가 준비되어 있어야 하고, 빌딩블럭간 상호작용을 원활하게 하기 위한 메소드의 개발, 그리고 서로 다른 resource type 을 가진 빌딩블럭의 결합을 가능하게 하는 인터페이스의 표준화가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. ROGERS, G. G., BOTTACI, L., "Modular production

system : a new manufacturing paradigm," Journal of Intelligent Manufacturing, pp. 147 - 156, 1997.

2. Bi, Z. M., Zang, W. J., "Modularity Technology in Manufacturing : Taxonomy and Issue," 2001
3. 김동주, "조립시스템 configurator 에 관한 연구," 성균관대학교 대학원 석사학위 논문, 2002
4. Koren, Y., et al, "Reconfigurable Manufacturing Systems," Annals of the CIRP, Vol. 48, No. 2, 1999
5. Schuh, G., Van Brussel, H., Boer, C., Valckenaers P., Sacco, M., Bergholz, M., Harre, J., "A Model-Based Approach to Design Modular Plant Architectures," 2003