

기구 형태설계 자동화를 위한 컴포넌트 모듈 접근법에 관한 연구

김봉주* (창원대학교대학원 기계설계공학과), 윤호업 (LG이노텍 모터연구실),
신중호† (창원대학교 기계설계공학과), 권순만 (창원대학교 기계설계공학과)
장세원 (창원대학교 기계설계공학과)

A Study on Component Modular Approach for Type Synthesis Automation of Mechanism

B. J. Kim (Mech. Design Eng. Dept., CWNU), E. H. Yoon (LG Innotek)
J. H. Shin (Mech. Design Eng. Dept., CWNU), S. M. Kwon (Mech. Design Eng. Dept., CWNU)
S. W. Jang (Mech. Design Eng. Dept., CWNU)

ABSTRACT

The mechanism design is synthesis of suitable mechanism which can be output motions about input motions. That has generally two steps which are the type synthesis and the dimensional synthesis. And required mechanism analysis step for confirming middle or final result. The type synthesis is definition of mechanism type which required aim and the dimensional synthesis is calculation of dimension about defined type mechanism.

The type synthesis of mechanism is included qualitative design field which isn't defined systematic design method. especially, the most difficult step for mechanism design automation. In this paper proposed the component modular design method which is figured mechanism types automate with component modules using component modular approach. And develop CAD (Computer Aided Program) program for application.

Key Words : Kinematics (기구학), Mechanism synthesis (기구설계), Component Modular Approach (컴포넌트 모듈 접근법)

1. 서론

기구형태설계 (Type synthesis of mechanisms)는 요구되는 운동이 가능한 기구형태를 설계하는 과정이다. 체계적으로 정립된 알고리즘이나 방법이 없는 상태에서 해를 구해야 하는 정성적 설계 (Qualitative design)에 속하며, 기구에 대한 경험적인 지식이 요구된다.

이러한 기구형태설계 자동화를 위해 많은 연구가 있었는데, 컴퓨터를 이용한 기구형태설계는 Sharpe[1]에 의해 전반으로 소개되었으며, Li[2,4]와 Chiou[5]는 기구 요소 (Link, Gear, Cam, Shaft, ...)를 모듈 (Module)화 하고, 이를 이용하여 자동으로 설계하는 방법

관하여 연구하였다. Wu[3]는 평면 기구와 공간 기구의 합성에 있어서 기초적인 기구요소를 기호화하여, 설계에 응용하는 방법에 관해 연구하였으며, Shen[6] 역시 loop diagram을 설계에 이용하였다. Rao[7]는 동형의 기구학적인 체인을 이용한 CAD 접근법에 관하여 연구하였다.

따라서 본 논문에서는 이전의 방법에 비해 자동화 관점에서 유리하고, 간단명료한 방법인 컴포넌트 모듈 설계법 (Component modular design method)을 제안한다. 컴포넌트 모듈 설계법은 자동적으로 요구되는 운동이 가능한 적합한 기구를 설계하는 방법이다.

2. 컴포넌트 모듈 설계법

컴포넌트 모듈 (Component module)이란 기구 (Mechanisms)를 구성할 수 있는 여러 가지 기구 요소 (Mechanism element)를 모듈화 한 것으로 일반적으로 알

* Tel 055-279-7571 Fax 055-263-5221
Email joongho@sarim.changwon.ac.kr

러진 링크(Links), 기어(Gears), 캠(Cams), 축(Shafts), 감속기(Reduces), ... 등이 이에 해당한다. 컴포넌트 모듈은 단독 혹은 두 개 이상이 결합되어 기구를 구성할 수 있는데, 특징은 운동을 전달 받는 입력부분과 다른 부분으로 운동을 전달하는 출력부분을 가지고 있다.

기구에서 운동 전달 구조를 보면 최초의 입력운동으로부터 여러 모듈 간에 운동을 전달하여 출력에 이르게 된다. 그리고 모듈에 따라 입력부분과 출력하는 부분은 여러 개 존재할 수 있다. Fig. 1 모듈의 일반적인 구조를 계략적으로 보여주고 있다. Fig. 2 n 개의 모듈이 사용된 기구인데 최초의 입력운동으로부터 모듈이 운동을 전달하여 출력 운동까지 전달하는 과정을 설명하고 있다.

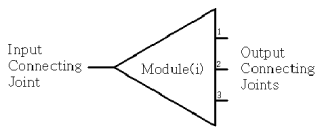


Fig. 1 Diagram of a module

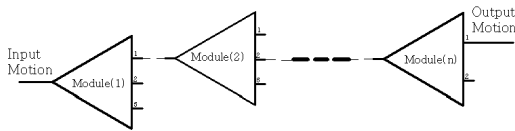


Fig. 2 Diagram of Motion transfer in a Mechanism

컴포넌트 모듈 설계법은 각각의 모듈이 가지는 운동전달정보와 운동특성정보를 수학적으로 표현하고, 운동전달합성(Motion transfer synthesis)과 운동특성합성(Motion character synthesis)을 위해 정의된 연산자에 의해 연산하고 규칙에 의한 선택과 제거를 통해 적합한 기구를 합성한다.

2.1 운동전달합성

운동전달합성은 모듈의 운동전달정보를 수학적 인 형태로 정의하고, 이를 이용하여 기구형태를 합성한다. 기구에서의 운동전달은 2개의 모듈 사이에서 일어나며, 이전의 모듈의 출력 조인트의 위치 혹은 회전변위를 다음 모듈의 입력조인트가 공유함으로써 이루어진다. 일반적으로 기구에서 사용되는 조인트는 대부분 저차대우(Lower pair)이다.

모듈간의 결합을 위해서는 먼저 모듈의 입력과 출력에 해당하는 조인트의 운동전달정보를 정의해야 한다. 조인트에서의 운동전달정보는 운동의 기준이 되는 평면과 회전운동 혹은 병진운동으로 구분함으로써 운동을 정의할 수 있다. 일반적인 기구의 경우

XY평면, YZ평면, ZX평면으로 운동 평면을 구분할 수 있으며, 운동은 회전 운동(Rotational motion)과 병진 운동(Translational motion)으로 구분할 수 있다. 회전운동의 방향은 기준 평면의 직각방향으로 정의한다.

모듈은 입력과 출력에 해당하는 2개의 입출력 조인트를 가지고 있다. 이 2개의 조인트에 대한 운동전달정보를 행렬형태로 표시하면 식(1)과 같으며, 이를 운동전달행렬(MTM; Motion transfer matrix)로 정의한다

$$MTM_j^{(i)} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \\ P_{31} & P_{32} \\ M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix} \quad (1)$$

식(1)에서 (i) 는 어떤 기구에서 사용된 모듈의 순번을 의미하며, j 는 그 모듈의 식별번호(Type number)를 의미한다. 첫 번째 열은 입력 운동 정보를 위한 것이고, 두 번째 열은 출력 운동 정보를 위한 것이다. P_{11}, P_{21}, P_{31} 은 입력 조인트의 운동 기준 평면의 설정에 사용된다. P_{11} 은 XY평면, P_{21} 은 YZ평면, P_{31} 은 ZX평면을 나타내는데 사용된다. P_{11}, P_{21}, P_{31} 값은 설정은 해당되는 평면을 "1"로 설정되며, 나머지는 모두 "0"으로 설정된다. M_{11} 과 M_{21} 은 입력조인트에서 입력되는 운동의 형태에 관한 설정으로 M_{11} 은 회전운동 M_{21} 은 병진운동의 설정에 사용되며, 해당하는 운동형태는 "1"로 설정되고 나머지는 "0"으로 설정된다. P_{12}, P_{22}, P_{32} 은 출력조인트의 기준평면 설정에 사용되며, M_{12} 과 M_{22} 는 출력조인트 출력운동의 설정에 사용된다. 설정방법은 부분과 동일하다. 이를 다시 정리하면 Table1과 같다.

Table1 Motion transfer information items

Input/output motion		Items		Value selected
Input motion	Plane	XY Plane	P_{11}	Selected item sets "1", unselected items set "0"
		YZ Plane	P_{21}	
		ZX Plane	P_{31}	
	Motion	Rotation	M_{11}	Selected item sets "1", unselected items set "0"
Translation		M_{21}		
Output motion	Plane	XY Plane	P_{12}	Selected item sets "1", unselected items set "0"
		YZ Plane	P_{22}	
		ZX Plane	P_{32}	
	Motion	Rotation	M_{12}	Selected item sets "1", unselected items set "0"
Translation		M_{22}		

모듈과 모듈이 결합하여 기구를 구성할 경우에

결합이 가능한 경우와 불가능한 경우가 있다. 따라서 결합의 여부를 판단하고, 결합이 되었을 때 전체 기구의 입력운동과 출력운동을 계산하는 방법이 필요한데, 이를 위해 연산자 \oplus 를 정의하며 임의의 모듈들에 대해서는 식(2)과 같다.

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \\ P_{31} & P_{32} \\ M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix} \oplus \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \\ P_{31} & P_{32} \\ M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11}^{(i)} & P_{12}^{(i+1)} \\ P_{21}^{(i)} & P_{22}^{(i+1)} \\ P_{31}^{(i)} & P_{32}^{(i+1)} \\ M_{11}^{(i)} & M_{12}^{(i+1)} \\ M_{21}^{(i)} & M_{22}^{(i+1)} \end{bmatrix} \quad (2)$$

식(2)에서 (i)행렬은 (i)번째 모듈의 $MTM^{(i)}$ 이며, (i+1)행렬은 (i)번째 모듈과 연결되는 (i+1)번째 모듈의 $MTM^{(i+1)}$ 이다. 여기서 (i)행렬의 두 번째 열과 (i+1)행렬의 첫 번째 열이 동일하면, 식(2)의 연산자 정의에 의해 계산되고, 우변의 행렬은 (i)번째 모듈과 (i+1)번째 모듈이 결합된 기구의 입출력 운동전달 정보를 나타낸다.

따라서 기구형태합성에 있어서 운동합성은 설계하고자 하는 기구에 대해 전체 기구의 입력과 출력에 대해 운동을 정의하고, 전체 모듈 혹은 일부 선택된 모듈에 대해 위와 같은 방법을 사용하여 모든 모듈의 운동정보를 정의하고 사용자의 설계 요구조건에 부합하는 기구형태의 설계가 가능하다.

2.2 운동특성합성

운동특성합성은 생성된 기구 형태 중에서 설계 요구되는 조건에 부합하지 않는 모델을 제외하는 과정이다. 기구운동특성을 수학적으로 표현하면 운동특성행렬(MCM ; Motion character matrix)로 정의된다. MCM 에 의해 정의할 운동 특성의 종류는 3가지이며, 이에 대한 각 항목은 Table 2와 같다.

Table 2 Motion character information items

Items	Motion characters	Setting values
Uniform direction	Uni-direction	1
	Bi-direction	0
Continuity	Continue	1
	Intermittent	0
Linearity	Linear	1
	Non-linear	0

Table 2에서 uniform direction은 운동방향성을 표현하는 항목으로, 일방향(Uni-direction)은 일정한 방향으로 계속해서 운동하는 것을 말하며, 양방향(Bi-direction)은 어떤 방향으로 운동하다가, 방향을

바꾸는 운동을 말한다. continuity는 연속적인 입력운동에 대해 운동의 연속성을 표현하는 것으로, 연속적인 운동(Continue)은 일시정지 없이 계속해서 운동하는 것을 말하고, 간헐운동(Intermittent)은 운동중에 잠깐 멈추는 일시정지 운동이 포함된 운동을 말한다. 그리고 linearity는 운동의 속도에 관한 항목으로 등속운동(Linear)은 운동의 속도가 일정한 경우를 말하며 변속운동(Non-linear)은 운동중에 운동의 속도가 변하는 것을 말한다. MCM 은 모듈의 고유의 속성이며, 식으로 표시하면 식(3)과 같다.

$$MCM_j^{(i)} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

식(3)에서 C_1 은 운동의 방향성, C_2 는 운동의 연속성 그리고 C_3 는 운동의 등속운동성을 나타내는 항목이다.

운동전달 합성에서 구성된 기구의 운동특성을 평가하기 위한 연산자로 \otimes 를 정의한다. \otimes 에 대한 연산자 정의는 식(4)과 같다.

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1^{(i)} \times C_1^{(i+1)} \\ C_2^{(i)} \times C_2^{(i+1)} \\ C_3^{(i)} \times C_3^{(i+1)} \end{bmatrix} \quad (4)$$

3. 적용례 및 응용

기계프레스에 사용되는 기구의 형태를 컴포넌트 모듈 설계법을 이용하여 설계하고자 한다. 기구의 계략도는 Fig. 3과 같다.

최초의 입력운동은 A에서의 회전운동이고, 출력운동은 B에서의 병진 운동을 하는 기구이다. 운동의 특성은 운동의 방향이 한 주기 동안 반복적으로 변화하며, 연속적인 운동이며, 변속운동이다.

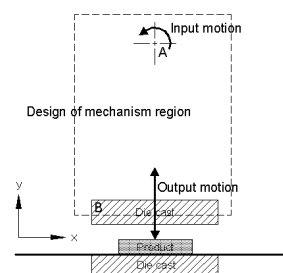


Fig.3 A mechanical press mechanism

Fig. 4는 최종적으로 선택된 기구형태들의 일부분을 보여주고 있으며, Fig. 5는 최종적으로 선택된 기

구형태의 모듈 연결 관계를 보여주고 있으며, Fig. 6는 최종 기구형태를 사용하여 실제 기구를 구성한 모습이다. Fig. 7은 최종적으로 선택된 기구형태에 대해 기구해석을 통한 시뮬레이션(Simulation)하는 장면이다. 시뮬레이션에서 설계 목적에 부합하게 운동함을 확인할 수 있다.

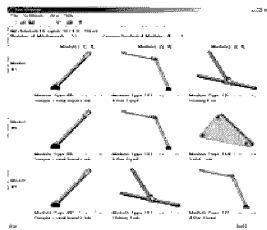


Fig. 4 List of mechanism

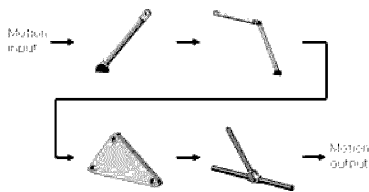


Fig. 5 List of modules selected mechanism type

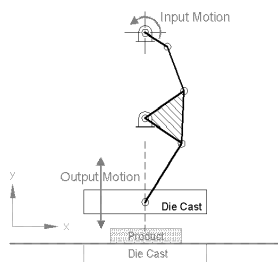


Fig. 6 Result of type design of mechanism



Fig. 7 Kinematic analysis of linkage motions

4. 결론

기구설계는 어떤 기계를 설계함에 있어 가장 먼저 선행되어야 하는 부분임에도 불구하고, 기구설계의 첫 번째 과정인 기구형태설계에 대한 정형화된 방법이 없어, 몇몇 전문가의 경험적인 지식에 많이 의존해 왔다. 본 논문에서는 기구 요소들을 기구를 구성할 수 있는 최소의 단위로 모듈화하고, 이 모듈을 응용하여 자동적으로 기구의 형태를 합성할 수 있는 컴포넌트 모듈 설계법을 제안하였다. 각각 고유의 운동전달 정보와 운동특성정보를 데이터화하여 이를 이용하여, 자동적으로 설계자가 요구하는 운동의 형태가 가능한 기구의 형태를 설계하는 방법이다. 마지막에서는 실질적인 예제에 적용하여 본 연구에서 제안한 방법의 유용성을 검증하였다.

참고문헌

1. J. E. Sharpe, 1995, "Computer tools for integrated conceptual design," Design Studio Vol. 16, pp. 471-488.
2. C. L. Li, S. T. Tan and K. W. Chan, 1996, "A Qualitative and Heuristic Approach to the Conceptual Design of Mechanisms," Engng Applic. Arif. Intell. Vol. 9, pp. 17-31.
3. T. M. Wu and C. K. Chen, 1997, "Closed-form synthesis of planar and spatial linkages function generation with symbolic representation," Mathematics and Computers in Simulation Vol. 44, pp. 155-162.
4. C.L. Li, K.W. Chan and S.T. Tan, 1999, "A configuration space approach to the automatic design of multiple-state mechanical devices," Computer-Aided Design Vol. 31, pp. 621-653.
5. S. J. Chiou and S. Kota, 1999, "Automated Conceptual Design of Mechanisms," Mech. Mach. Theory Vol. 34, pp. 467-495.
6. H. Shen, K. L. Ting and T. Yang, 2000, "Configuration analysis of complex multiloop linkages and manipulators," Mech. Mach. Theory Vol. 35, pp. 353-362.
7. A. C. Rao, B. Pratap and Deshmikh, 2001, "Computer Aided structural synthesis of planar kinematic chain obviating the test for isomorphism," Mech. Mach. Theory Vol. 36, pp. 489-506.