

# 유전알고리즘을 이용한 기본설계 단계에서의 구성설계

이인호\*, 차주현#, 김재정\*\*

## Configuration Design using a Genetic Algorithm in the Embodiment Design Phase

In-Ho Lee\*, Joo-Heon Cha# and Jay-Jung Kim\*\*

### ABSTRACT

This paper proposes a representation for the embodiment design of mechanical structures and a genetic algorithm suited for the representation. In order to represent early stages and latter stages of the embodiment design, the designs are modeled as simultaneous multi-objective optimization problems of parametric designs for parts and of layout generation for structures. The study, thus, involves genotypes that are adequate to represent phenotypes of the models for the genetic algorithm to solve the given problems. We demonstrate the implementation of the genetic algorithm with the result applied to the gear equipment design.

**Key Words** : Genetic algorithm (유전알고리즘), Embodiment design(기본설계), Multi-objective optimization (다목적함수 최적화)

### 1. 서론

기본설계(embodiment design), 특히 개념설계(conceptual design) 단계의 특성도 어느 정도 포함하는 초기 단계의 자동화를 위한 CAD 시스템의 적용은 정형적인 후기 단계에 비해 상대적으로 일반적이지 못했다.<sup>1,2</sup> 기본설계의 초기 단계가 전체 설계작업의 방향과 설계 결과의 품질을 좌우하는 중요한 단계라는 점을 고려하면 CAD 시스템의 적용에 관한 연구는 그 요구에 크게 부합하지 못한다고 할 수 있다. 가장 큰 원인으로는 이 단계의 설계가 가지는 속성이 기본적으로 정형화되지

못하고 애매한 점을 들 수 있다.<sup>2</sup> 기존의 연구들은 그러나, 대다수 설계 사례들이 기존 설계의 변형이나 기존의 부품들을 재 조합하는 방법을 통해 이루어진다는 점을 현실적인 접근 방법으로 이용하고 있다.

이러한 기존의 연구들을 표현 방법에 따라 크게 매개변수 접근방법(parametric designs)과 빌딩블록 접근방법(building blocks approaches)의 두 종류로 나눌 수 있다. 이것은 실제 설계 변경 방법이 기존 부품들의 치수나 배치를 변경하는 것으로 이루어진다는 점에서도 확인된다.<sup>2,4</sup> 두 종류의 방법들은 각각의 장점을 지니는데, 매개변수 접근방법

접수일: 2003 년 6 월 3 일; 게재승인일: 2003 년 11 월 14 일

\* 한양대학교 대학원 기계설계학과

# 교신저자: 국민대학교 기계자동차공학부

E-mail: cha@kookmin.ac.kr, Tel: (02) 910-4816

\*\* 한양대학교 기계공학부

은 좁은 설계공간을 매우 효율적으로 탐색하도록 하는 반면, 빌딩블록 접근방법은 매우 큰 해공간을 정의할 수 있도록 한다.<sup>5</sup> 실제 CAD 시스템의 적용에 있어서 한쪽을 선택하고 있어서 기본설계 과정이 개념설계의 속성을 포함하는 초기와 상세설계의 속성을 포함하는 후기를 모두 포함할 때 문제점이 발생한다.

본 연구는 두 가지로 분류한 방식을 모두 포함하도록 설계 문제를 표현하고 이를 위한 유전자 알고리즘을 제안하기 위한 것이다. 이것은 기본설계 전 과정을 대상으로 한 CAD 시스템을 구현하는 데 이용된다. 본 연구의 기본 개념은 기본설계 단계에서의 설계 과정이 앞서 언급한 두 설계변경 방법 중 하나의 방법으로 이루어지기 보다 두 방법이 동시에 이루어지는 것으로 해석되고 모델링 되어야 한다는 것에서 출발한다. 이것은 또한 각각의 접근방법이 가지는 장점을 모두 이용하는 방법이 될 수 있다.

두 접근 방법을 동시에 이용하여 모델링한 설계 문제는 속성이 다르고 많은 경우 상충을 일으킬 가능성을 가지는 각각의 목적을 가지게 된다. 유전자알고리즘으로 이런 설계 문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 다목적함수 최적화로 모델링하는 것이 효율적이다.<sup>6,9</sup> 논문에서 제안할 유전자알고리즘의 경우, 빌딩블록 표현과 매개변수 표현을 동시에 가지는 설계문제 모델을 가지므로, 이에 적합한 형태의 유전자형 및 진화과정 역시 필요로 하게 된다. 본 논문에는 또한, 이들의 효율을 보이기 위한 기어장치 설계가 사례로 포함된다.

## 2. 기본설계 문제의 속성

공학설계는 원천설계(original design), 적용설계(adaptive design), 수정설계(variant design)의 세 가지 종류로 나눌 수 있다.<sup>2</sup> 각각의 경계는 엄격하지 않지만, 원천설계는 설계 문제를 해결하기 위해서 기존의 설계를 변형하지 않고 완전히 독창적인 원리를 찾아 적용하는 설계 방법이고, 적용설계는 설계 문제를 해결하기 위해서 문제의 조건이나 작업 목적에 맞도록 기존의 설계를 변화시키는 설계 방법이며, 수정설계는 기존의 설계 목적이나 적용 조건의 변화가 없는 상태에서 일부의 부품의 치수를 변경하거나 배치를 약간 달리하는 설계 방법으로 정의된다.

앞에서 언급한 두 설계 접근 방법은 이 분류의 적용설계나 수정설계에 해당한다고 할 수 있다. 새로운 원리나 개념의 도입이 필요한 원천설계를 컴퓨터를 이용해서 수행하기에는 아직까지 여러 가지 현실적인 어려움이 남아있어 적합하지 않다. 본 논문에서 다룰 설계 작업은 따라서, 기존의 설계의 몇 가지 속성을 주어진 목적과 조건에 맞도록 변형하는 것이라 할 수 있다. 그 속성이 일련의 변수로 표현되면 매개변수 표현이라 불린다.<sup>1,3-5</sup> 매개변수 표현은 아주 정형적인 설계 사례에 이용되는 효율적인 방식으로, 기존의 설계를 표현한 변수들의 값에 변화를 주어 새로운 결과를 얻기 위한 방법이다. 이러한 방식의 설계는 구조물 설계, 부품 설계 등에서 널리 사례를 찾아볼 수 있고 그 탐색 방법으로는 유전자알고리즘 등의 진화연산의 효율이 검증되었다.<sup>10-12</sup>

설계 대상의 속성이 일련의 구성요소와 그 결합으로 표현되면 빌딩블록 표현이라고 불린다.<sup>5</sup> 이 표현은 기존의 설계 대상의 부품들의 조합을 변경해서 새로운 설계 결과를 얻는 것을 목적으로 한다. 매개변수 표현의 사례들과 마찬가지로 유전자알고리즘 등의 탐색 방법을 적용하여 매우 우수한 결과를 얻은 사례들을 패턴 생성, 이미지 추출, 등 여러 분야에 걸쳐 발견할 수 있다.<sup>3,13-14</sup>

각 표현 방법은 전체 설계 과정에서 본다면 각각 일부분에 더욱 적합한 속성을 지닌다. 즉, 각각의 표현은 매개변수에 혹은 부품의 구성에 초점을 맞추지만, 실제 설계 과정에 있어서 이들은 독립되지 않고 밀접한 영향을 끼친다. 매개변수의 값 변경이 부품의 구성에 변경을 필요로 할 수도 있고 그 역도 일어날 수 있다. 본 연구에서는 이 점을 고려해서 두 접근방법을 동시에 고려해 따로 다루는 것 보다 효율적인 기본설계를 수행하려 한다. 이런 방법으로 기본설계 문제는 Fig. 1에서 보이는 것과 같이 모델링된다.

## 3. 구성설계 문제의 모델링

설계의 품질은 설계 문제가 어떻게 모델링 되었는가에 크게 영향을 받는다. 앞서 기술한 바와 같이, 본 논문에서는 설계 문제들이 두 가지 속성을 동시에 갖춘 것으로 정의된다. 이런 문제를 풀기 위한 과정 역시 이 두 비독립적인 속성을 동시에 가져는 하위 과정들의 연속이다. 본 설계 문제

의 모델은 이런 개념을 기본으로 만들어진다. 제안되는 기본설계 문제의 모델은 Fig. 2 의 그림과 같이 표현될 수 있다. 그림의 모델은  $n$  개의 구성요소와 구성요소에 포함된  $m$  개의 매개변수로 구성된다.

본 모델을 사용함으로써 얻는 이득을 몇 가지 예상할 수 있다. 첫째, 모델이 빌딩블록 표현의 속성을 지니므로, 매우 넓은 해공간을 가진다.<sup>2,5</sup> 이 점은 초기 단계의 기본설계가 가지는 비정형적인 설계과정을 수행할 수 있도록 한다. 둘째, 모델이 매개변수 표현의 속성을 지니므로, 매우 높은 효율로 해를 구할 수 있다.<sup>2,5</sup> 이 점은 후기 단계의 기본설계의 과정을 효율적으로 빠르게 수행할 수 있도록 한다.

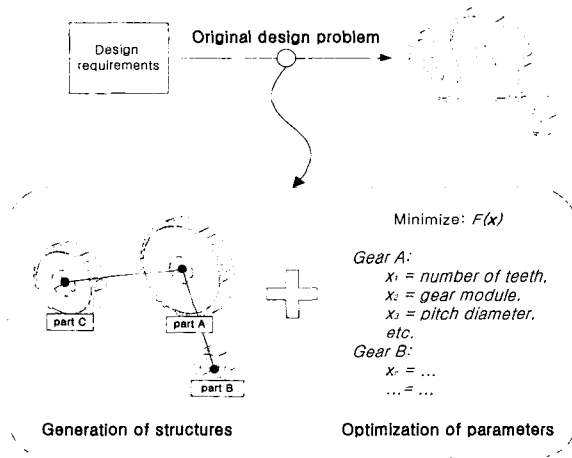


Fig. 1 Decomposition of a design example

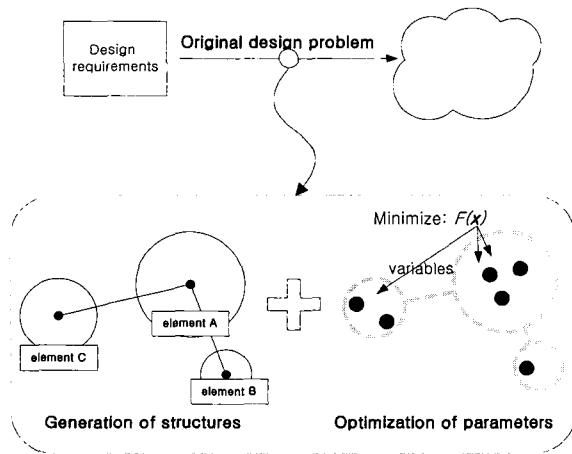


Fig. 2 Decomposition of a general design of structures

모델링된 문제의 해는 두 가지 상이한 속성의 목적을 동시에 가진다. 따라서 이러한 개별적인 목적을 가지는 문제에 이용되는 다목적함수 최적화 방식으로 접근한다. 다목적함수 최적화는 진화연산 특히, 유전알고리즘이 적합하다.<sup>8,9,15</sup> 다목적함수의 설계 목적은 종종 충돌하고 이들을 해결할 우선순위에 관한 정보는 주어지지 않는 경우가 많다. 따라서 본 논문은 유전자형들이 가지는 일련의 순위들을 하나의 셀으로 묶어 한꺼번에 사용하는 Pareto 순위 방법을 기본적으로 이용한다.<sup>6,7</sup>

유전자형의 순위 셀은 두 개의 목적함수 집합으로 이루어진다. 하나는 구성요소들로 이루어진 구조를 얻기 위한 것이고, 다른 하나는 설계 문제를 표현한 매개변수들의 값을 얻기 위한 것이다. 전자는 설계 목적과 조건이 분명하게 표현되지 않고, 많은 경우 진화 과정을 수학적으로 유도하기 힘든 반면, 후자는 목적과 조건이 분명하게 표현된다. 본 논문에서는 이 점에 착안, 구조 생성 평가에 의한 순위는 매 세대의 각 유전자형의 재생산 가부를 결정하도록 하고, 매개변수 값 평가에 의한 순위는 재생산의 확률을 결정하도록 고안하였다.

#### 4. 구성설계 문제를 위한 유전알고리즘

논문에서 제안되는 유전알고리즘은 앞장에서 모델링된 설계 문제를 풀기위한 것이다. 본 문제의 표현형은 그 다중적인 속성 때문에 적합한 유전자형과 진화 과정을 필요로 한다. 따라서, 본 논문의 유전알고리즘은 다음의 몇 가지 특성을 지닌다. 1) 유전자형은 구조의 생성을 지원하도록 고안되어야 한다. 2) 유전자형은 부품들을 표현한 매개변수 값을 구하도록 고안되어야 한다. 3) 진화 과정은 1)과 2)의 진화 과정을 동시에 수행하도록 고안되어야 한다.

##### 4.1 표현형과 유전자형

표현형은 기계 구조를 나타낸다. 기본설계 단계에서 설계가 이루어지는 이 표현형은 구성요소인 몇 개의 부품들과 이에 관련된 매개변수들로 이루어진다. 유전자형은 이를 유전자알고리즘에서 이용되는 코드로 변환한 것이다.

유전알고리즘은 코드화한 유전자형을 진화시켜 해를 찾는다. 유전자알고리즘의 효율적인 해

탐색에는 잘 고안된 유전자형이 필수적이다. 본 논문에서 사용되는 유전자형은 일반적으로 다음의 Fig. 3 과 같이 표현된다. 각각의 유전자형은 몇 종류의 사전 정의된 기본 구성요소로 이루어지며, 각 구성요소는 다시 일련의 매개변수와 각 구성요소 사이의 결합 형태에 대한 규칙을 가진다.

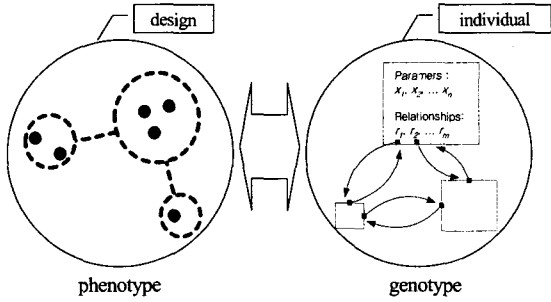


Fig. 3 Phenotypes and genotypes

4.2 돌연변이 연산자

돌연변이 연산자들은 본 논문의 유전자형이 가지는 특성에 따라 새롭게 고안되어야 한다. 돌연변이는 매개변수의 값에 변화를 주기 위한 것과 유전자형의 구성에 변화를 주기 위한 것으로 우선 나뉜다. 유전자형의 구성에 변화를 주기 위한 돌연변이는 다시 유전자형을 구성하는 요소들 간의 관계에 변화를 주는 것과 유전자형에 새로운 요소를 추가하거나 기존 구성요소를 빼는 것으로 나뉠 수 있다. 따라서 돌연변이 연산자들은 1)매개변수 값 변경, 2) 구성요소들 간의 관계 변경, 그리고 3) 구성요소의 첨삭으로 Fig. 4 와 같이 정리할 수 있다.

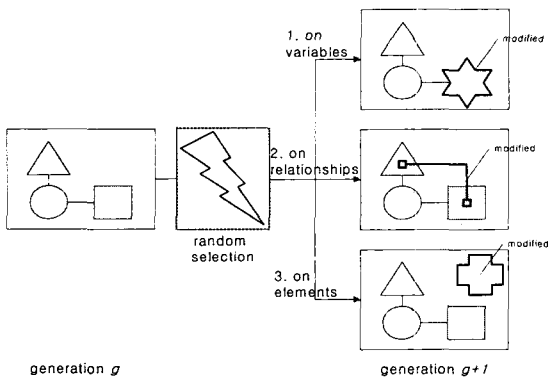


Fig. 4 Mutation operators and modified genotypes

4.3 평가와 선택

다목적함수 최적화 문제는 다수의 평가함수를 하나의 셀으로 가진다. 본 논문에서는 구조의 생성과 매개변수 값의 탐색 두 가지 방향의 목적을 가지므로, 평가함수를 두 가지로 나뉠 수 있다. 별개의 두 가지 집단에 속한 평가함수들을 효율적으로 이용하기 위해서, 각 평가 항목들의 평가 순위들의 합  $S$  로 각 집단의 평가 결과를 나타내도록 한다.  $S$  는 다음의 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$S(c_i) = \sum_{j=1}^k R(f(c_i^j)) \tag{1}$$

where

- $c_i$   $i$  th individual
- $k$  number of evaluation terms
- $f(c_i)$  fitness function for each evaluation term
- $R(c_i)$  rank of an individual for the evaluation term

두 순위를 모은 셀 ( $Rank_1, Rank_2$ )은 생성된 구조에 의한  $S_1$  과 구해진 매개변수 값에 의한  $S_2$  의 순위로 구할 수 있다. 두 순위는 각각의 방법으로 각 개체의 평가 결과를 보상하도록 쓰인다.  $Rank_1$  은 개체가 재생산을 할 우성인지 아닌지를 정의하는데 사용되고,  $Rank_2$  는 재생산을 할 우성인 개체의 재생산 확률을 정의하는데 사용된다. 이 방법은 Pareto 순위법의 일종이며, Fig. 5 는 이에 따라 순위의 셀이 어떻게 사용되는 지를 보여준다.

4.4 시험 예제

본 연구의 유전알고리즘의 작동 방법을 보이기 위해, 간단한 시험 예제를 선택했다. 예제는 A, B 및 C 세 종류의 구성요소를 가지며, 각 요소는

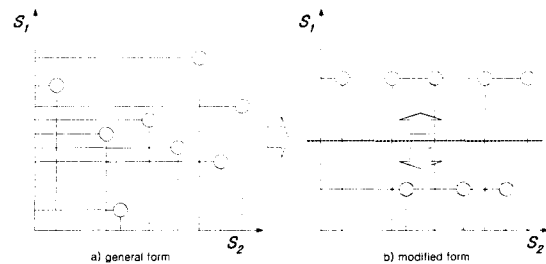


Fig. 5 The Pareto-ranking graph

다른 요소들과 함께 패턴을 만들 수 있는 임의의 결합 규칙들과 매개변수들을 가진다. 결합 규칙은 Fig. 6 에서 보이는 바와 같은 몇 가지 결합들만 허용하도록 되어있다. 예를 들면, A 타입의 요소는 A, B 그리고 C 타입의 요소를 각각 하나씩 연결할 수 있다. 모든 요소들은 또한 각기  $x_1$  및  $x_2$  두 개의 매개변수들을 가진다.

예제의 목적은 다음과 같다. 1) 구성요소들 간 연결의 수가 10 개 이내인 구조를 단일 요소 구조로부터 진화시킨다. 2) 구조에 포함된 임의의  $n$  개의 요소들에 포함된 매개변수들은 아래의 식 (2)의 목적함수를 최소화 하도록 한다. 이와 같은 목적함수는 검색 알고리즘의 평가를 위해 일반적으로 사용된다.<sup>16</sup>

$$\begin{aligned} \text{minimize: } f(\mathbf{x}) &= \sum_{i=1}^n H(x_{1,i}, x_{2,i}) \\ &= \sum_{i=1}^n \{(x_{1,i}^2 + x_{2,i} - 11)^2 + (x_{1,i} + x_{2,i}^2 - 7)^2\} \quad (2) \\ \text{subject to: } &-5 \geq x_1 \geq 5, -5 \geq x_2 \geq 5 \end{aligned}$$

진화과정을 통하여, 앞에서 언급한 돌연변이 연산자들에 의하여 세 가지 타입의 요소로 이루어진 유전자형의 변형이 이루어진다. Fig. 7 의 그림에서의 예와 같이 돌연변이 과정이 이루어진다. 그림의 왼쪽,  $g$  세대의 유전자형들은 오른쪽, 몇 가지  $g+1$  세대의 유전자형으로 변형될 수 있다. 그림의  $g+1$  세대의 첫 번째 유전자형은 C 요소의 매개변수 값에 변형이 이루어진 것이고, 두 번째 것은 요소 A 와 C 간의 연결에, 세 번째 것은 A 타입의 요소가 유전자형에 추가되는 변형이 이루어진 것이다.

생성된 구조에 대한 목적함수 값은 각 개체에 포함된 연결의 값과 목표 값과의 백분율 오차 값이 이용된다. 매개변수 값에 대한 목적함수 값은 주어진 평가함수를 통해 얻어진다. 본 예제에서는 전체 개체수가 100 으로 매 세대마다 80%의 개체들이 재생산할 확률적 기회를 가지도록 설정되었다. 일반적인 유전알고리즘이 가지는 속성과 동일한 점들은 예제를 통한 설명에서 제외시킨다.

각 개체들의 진화과정을 이해하는 데 다음의 그래프들이 도움이 될 수 있다. 구조상의 변화는 다음의 Fig. 8 를 통해 볼 수 있다. 이 그래프에서는 진화 초기 단계에 단일 요소 구조로 초기화된

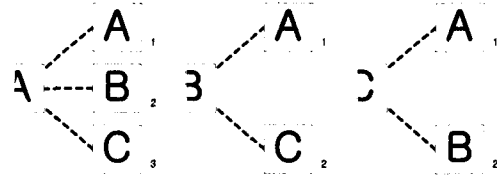


Fig. 6 Allowed assembly types between two elements

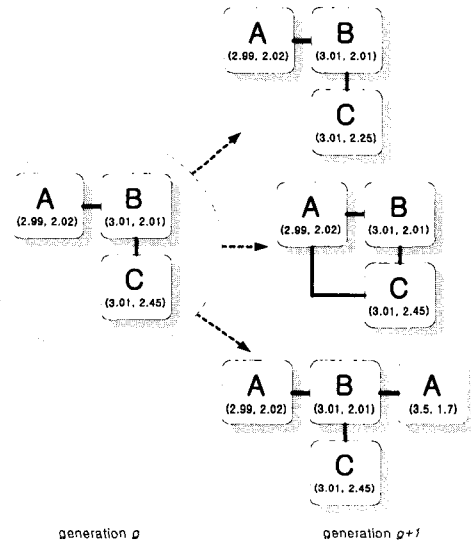


Fig. 7 Examples of mutation

개체들이 더욱 복잡한 형태의 개체들로 바뀌는 추이를 보여준다. 다음의 Fig. 9 를 통해서는 각 개체의 매개변수 값의 변화를 볼 수 있다. 이 그래프에서는 매개변수들이 세대를 거듭할수록 최적화되어가는 추이를 살펴볼 수 있다.

예제의 설계 결과를 Fig. 10 의 그림으로 나타내었다. 결과들은 앞서 설명한 바와 같은 다목적 함

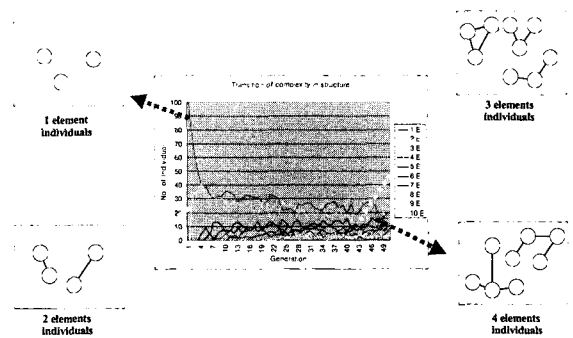


Fig. 8 Transition of evolution: complexity of structures

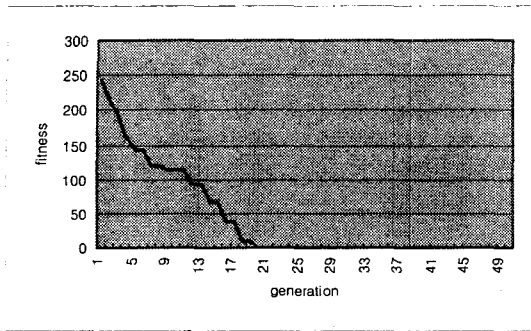


Fig. 9 Transition of evolution: optimization of parameters

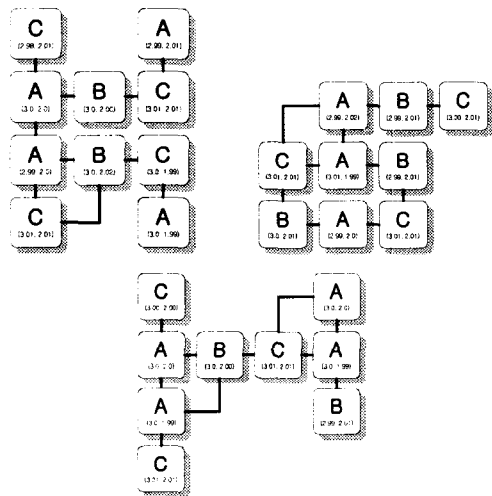


Fig. 10 Sample results

적합수 최적화를 통해 얻어진 것이다. 이들은 모두 두 종류의 설계 목적에 모두 맞도록 진화되어 다양한 위상의 가진 10 개의 연결을 가진 구조이며,  $x=(3.0, 2.0)$ 의 매개변수 최적화도 이루어졌다.

### 5. 사례연구

사례연구에서는 논문의 유전알고리즘을 이용한 설계 시스템을 구현하고 기어 드라이브의 설계를 수행한다. 사례연구의 기어 드라이브는 입력 회전을 일정 비율의 출력 회전으로 감속하기 위한 것이고, 다음의 몇 가지 요구조건을 충족해야 한다. 요구조건은 다음과 같다. 1) 기어 드라이브는 스퍼기어와 축을 구성요소로 가진다. 2) 구성요소는 동력을 전달하기 위한 강도를 가진다. 3) 기어

드라이브는 최소한의 크기를 가지도록 설계된다.

기어 드라이브의 유전자형을 구성하는 요소인 기어요소와 축요소는 Table 1 에서와 같이 이루어진다. 각 요소를 구성하는 결합규칙들과 매개변수들은 각 부품이 가지는 물리적 특성들을 표현하도록 고안되었다. 기어요소를 예로 들면, 기어모듈, 피치원지름, 잇수 등이 매개변수로 요소에 포함된다. 결합규칙은 기어 드라이브에서는 전동을 위한 부품간의 접촉, 즉 기어와 기어 사이의 전동관계, 기어와 축 사이의 전동관계 등이 해당된다.

Table 1 Elements for genotypes

	Gear element	Shaft element
Linkage	Gear to gear : 1 Gear to shaft : 1	Shaft to gear : 2
Parameter	gear module pitch diameter number of teeth rotational speed	diameter rotational speed

돌연변이 연산자들은 매 세대마다 기어 드라이브 개체군에 변화를 준다. 앞에서 설명한 바와 같이 매개변수의 값을 변화시키고, 요소들 간의 결합관계를 재배치하고, 새 요소를 유전자형에 포함하거나 기존 요소를 빼는 변화를 준다. 돌연변이 과정에는 일정한 제약 역시 포함될 수 있다. 예를 들면, 기어의 잇수는 항상 정수이며, 언더컷과 크기를 고려해 12 보다 크고 150 보다 작도록 설정되며, 기어모듈은 표준기어모듈을 따르도록 설정된다.

각 개체를 평가하기 위해서는 여러 평가함수의 값을 두 개의 그룹으로 나누어 이용한다. 본 사례연구에서는 생성된 구조를 평가하기 위해서 출력 회전수 한 가지가 이용된다. 각 개체의 출력 회전수와 목표치 간의 오차를 비교하면 개체들 간의 상대적인 순위를 구할 수 있다.

매개변수들의 평가를 위해서는 각 요소의 강도와 크기를 비교한다. 축의 강도는 비틀림 강도를 기준으로 하고, 기어의 강도는 치면의 변압강도를 기준으로 한다. 다음의 식 (3)과 (4)는 각각 축의 강도 오차와 기어의 강도 오차를 구하기 위한 식이다.<sup>17-18</sup> 식 (5)는 기어와 축 요소의 크기를 비교하기 위한 극관성 모멘트이며 두 요소를 원통형으로 가정하고 있다.

$$E_{shaft} = abs\left(\frac{d_a - d_c}{d_a}\right) \quad (3)$$

where

$$d_a = 1713 \sqrt[3]{\frac{H}{\tau \times n}}$$

$d_a$  = allowable diameter of shafts, mm

$d_c$  = current diameter of shaft, mm

$H$  = power, kW

$\tau$  = allowable torsional stress, kg/mm

$n$  = rotational speed, rpm

$$E_{gear} = abs\left(\frac{H_a - H_c}{H_a}\right) \quad (4)$$

where

$$H_a = f_v \sigma b m y$$

$H_a$  = allowable power, kW (from the Lewis formula)

$f_v$  = velocity factor by G. Barth

$\sigma$  = allowable bending stress, kg/mm

$b$  = width of gear tooth, mm

$m$  = gear module

$y$  = Lewis form factor

$$I_s = \frac{1}{8} M d^2 \quad (5)$$

where

$M$  = mass of a shaft or a gear,

$d$  = (pitch) diameter of a shaft or a gear, mm

구현된 CAD 시스템을 이용한 설계 사례에서는 두 개의 다른 사양의 기어 드라이브가 설계된다. 첫 번째 것은 3500rpm 의 입력을 240rpm 으로 감속하는 것이고, 두 번째 것은 3500rpm 의 입력을 240rpm 으로 감속하여 출력하는 것이다. 빌딩 블록 표현에 의한 모델은 CAD 시스템의 코드를 변경할 필요 없이 변경된 설계조건을 충족하는 다양한 결과를 얻을 수 있도록 한다.

진화과정의 반복에 의하여 Fig. 11 의 첫번째 기어 드라이브와 Fig. 12 의 두 번째 기어 드라이브가 얻어졌다. 그림은 상용 모델러에 의한 3 차원

렌더링 화면이다. 첫 번째 기어 드라이브의 각 매개변수를 포함한 상세한 결과는 Table 2 와 같다. 단, 여기서  $R$  은 피치원 반경,  $L$  은 축의 길이,  $W$  은 기어의 폭,  $m$  은 기어모듈,  $z$  는 기어의 잇수 등을 나타낸다.



Fig. 11 Designed gear drive: the first case

Table 2 Design result: the first case

No.	Part	Rotational speed	Geometry information			
1	Shaft	3500	R: 2.477	L: 35		
2	Gear	3500	R: 4.2	W: 4.8	m: 0.6	z: 14
3	Gear	960.784	R: 15.3	W: 4.8	m: 0.6	z: 51
4	Shaft	960.784	R: 3.625	L: 35		
5	Gear	960.784	R: 5.6	W: 6.4	m: 0.8	z: 14
6	Gear	240.196	R: 22.4	W: 6.4	m: 0.8	z: 56
7	Shaft	240.196	R: 6.509	L: 35		

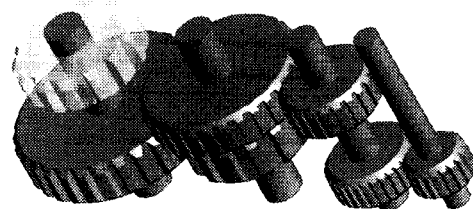


Fig. 12 Designed gear drive: the second case

## 6. 결론

CAD 시스템을 이용한 기본설계 문제의 자동화를 목적으로, 본 논문에서는 주어진 설계문제를 효율적으로 나타내기 위한 모델을 제안하고, 모델링된 문제를 풀기에 적합한 유전알고리즘도 제안했다. 본 논문에서는 기본설계 영역의 초기부터 후기까지의 전 과정을 일괄적으로 해결하기 위하여, 설계 문제를 구조의 생성과 매개변수의 값을

찾는 두 가지가 동시에 이루어지는 과정으로 보고, 빌딩블록 표현과 매개변수 표현 두 속성을 동시에 지닌 모델을 이용한다. 표현된 모델을 풀기 위한 유전알고리즘은 모델이 가진 특성을 고려하는 유연한 구조의 유전형을 가지며, 이 유전형을 진화시키기 위한 일련의 독자적인 진화과정을 포함한다. 본 연구의 사례연구에서는 CAD 시스템의 구현과 임의의 설계 사양을 바탕으로 한 기어 드라이브 설계가 수행되었다.

### 후기

본 연구는 2003 년도 국민대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

### 참고문헌

1. Yokoyama, M., Endo, T. and Cha, J. H., Knowledge-based CAD, Corona Publishing Co., Ltd. Tokyo, Japan, 1997.
2. Pahl, G. and Beitz, W., Engineering Design, The Design Council, 1984.
3. Coyne, R. D., Rosenman, M. A., Radford, A. D., Balachandran, M. and Gero, J. S., Knowledge based Design Systems, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
4. Cha, J. H., Lee, I. H. and Kim, J. J., "Computer-aided Innovative Mechanical Design Framework," Proceedings of FAN Symposium '00 in Tokyo, pp. 405-410, 2000.
5. Gero, J. S. and Kazakov, V. A., "Evolving Building Blocks for Design using Genetic Algorithm," Advances in Formal Design Method for CAD - Proceedings of IFIP95, pp. 31-50, 1995.
6. Obayashi, S., Sasaki, D., Takeguchi, Y. and Hirose, N., "Multiobjective Evolutionary Computation for Supersonic Wing-shape Optimization," IEEE Trans. on Evolutionary Computation, Vol. 4, No. 2, pp. 182-187, 2000.
7. Zitzler, E. and Thiele, L., "Multiobjective Evolutionary Algorithms: a Comparative Case Study and the Strength Pareto Approach," IEEE Trans. on Evolutionary Computation, Vol. 3, No. 4, pp. 257-271, 1999.
8. Michalewicz, Z., Genetic Algorithms + dData Structures = Evolution Programs, Springer-Verlag, 1994.
9. Sipper, M., "Notes on the origin of evolutionary computation," Complexity, Vol. 4, No. 5, pp. 15-21, 1999.
10. Bentley, P. J. "Genetic Evolutionary Design of Solid Objects using a Genetic Algorithm," Ph.D. thesis, the University of Huddersfield, 1996.
11. Matshuoka, Y. and Tsukada, Y., "Design Support System for Structural Forming using Element Generation Method and GA," Proceedings of JSME Design and System Conference '98, pp. 265-268, 1998.
12. Oda, J. and Qu, J. L., "Optimum Layout Technique for Large Scale Truss Structure using Cellular Automata," Proceedings of JSME Design and System Conference '98, pp. 269-272, 1998.
13. Bright, M. S. and Arslan, T., "Synthesis of Low-power DSP Systems using a Genetic Algorithm," IEEE Trans. on Evolutionary Computation, Vol. 5, No. 1, pp. 27-40, 2001.
14. Caldas, L. G. and Norford, L. K., "A Design Optimization Tool based on a Genetic Algorithm," Automation in Construction, Vol. 11, pp. 173-184, 2002.
15. Gero, J. S., "Creativity, Emergence and Evolution in Design," Knowledge-based Systems, Vol. 9, pp. 435-448, 1996.
16. Whitley, D., Rana, S., Dzubera, J. and Mathias, K. E., "Evaluating Evolutionary Algorithms, Artificial Intelligence," Vol. 85, pp. 245-276, 1996.
17. Chong, T. H., Lee, S. J., Bae, I. and Park G., "Development of a design system for multi-stage gear drives," Journal of the KSPE, Vol.17, No.9, pp. 202-209, 2000.
18. Dudley, D. W., Handbook of Practical Gear Design, McGraw-Hill Book Company, 1984.