

유전알고리즘을 이용한 오토 트랜스미션 레버의 최적설계

서광규

상명대학교 컴퓨터·정보·통신공학부

Optimal Design of Auto Transmission Lever using Genetic Algorithm

Kwang-Kyu Seo

Division of Computer, Information and Telecommunication Engineering, Sangmyung University.

요 약

본 논문은 유전 알고리즘을 이용하여 오토 트랜스미션 레버의 최적 설계 방법론에 대한 연구이다. 현재 업계에서의 오토 트랜스미션 레버는 구성 부품들을 순서적으로 설계하고 있으나, 본 연구에서는 구성 부품들의 설계 파라미터들을 동시에 고려하여 설계할 수 있는 새로운 방법론을 제안한다. 유전 알고리즘 접근 방법은 오토 트랜스미션 레버의 설계 파라미터들의 최적 설계 파라미터 집합을 결정하기 위해 적용된다. 본 연구에서는 오토 트랜스미션 레버의 구성 부품들로 구성된 제약조건하에 디텐트 스프링의 각의 변위를 최소화하는 목적함수를 가지는 설계 문제를 모델링하였고, 유전 알고리즘을 적용하여 최적 설계를 수행하였다.

기호설명

θ = angle variation of detent spring
 θ_0 = initial position of groove
 D_c = distance between detent pin and groove
 F_c = generated force at groove
 H_{detent} = height of detent spring
 H_{groove} = height of groove
 H_{pin} = height of detent pin
 H_{shift} = height of shift pipe
 K = stiffness of detent spring
 R_c = distance between center and groove

R_{coil} = coil radius of main spring
 R_{in} = inner radius of shift pipe
 R_{out} = outer radius of shift pipe
 R_{rod} = radius of Rod
 R_{spring} = outer radius of main spring
 $W_{bracket}$ = width of bracket
 W_{step} = width of step

1. 서론

자동차의 오토 트랜스미션 레버는 자동차를 운전할 때 속도를 변속하기 위해 사용하는 장치로서 오

토 트랜스미션 레버의 기구부는 Groove의 홈과 Detent Spring에 의해 자동차의 변속을 위한 단을 절도감있게 고정한다¹¹⁾. 따라서 오토 트랜스미션 레버의 기구부 설계 시 고려해야 할 주요 사항에는 자동차의 주행 시에 발생하는 레버의 밀림 현상을 방지하는 것과 사용자가 레버를 움직일 때 변속이 쉽게 되어야 하는 것을 들 수 있다. 밀림 현상을 방지하기 위해서는 Groove를 잡아주는 스프링의 강성이 강하면 좋지만, 너무 강할 경우 사용자가 레버 변속 시에 힘이 많이 들어간다는 단점이 있다. 그러므로 밀림 현상을 방지하는 것과 변속이 쉽게 되기 위해서는 두 가지 요구 사항의 절충이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 운전자의 변속을 위한 힘이 전달되는 Knob에서부터 Groove에 이르기까지의 오토 트랜스미션 레버의 전체 설계 과정을 추적하여 관련이 되는 부품들의 기능을 동시에 고려하여 부품의 형상을 최적화하는 방안을 제시하였다. 이와 함께 기구부의 부피를 최소화하는 것도 같이 고려하였다.

본 연구에서는 오토 트랜스미션 레버의 기구학적 설계를 최적화하기 위하여 유전 알고리즘을 사용하였다. 이를 위해 Detent Spring의 각 변화와 부피에 영향을 주는 변수들을 정의하고, 그 변수들의 관계를 이용하여 목적함수를 제시하고, 다시 역으로 부품의 형상을 결정하여 이의 유용성을 평가하였다.

2. 오토 트랜스미션 레버 기구부의 설계

2.1 문제 분석

오토 트랜스미션 레버의 성능은 차량 주행 시에는 단이 바뀌거나 밀림 현상이 없어야 하고, 운전자가 의도할 경우에는 단의 변속이 가능해야 한다. 본 논문에서는 계산의 단순화를 위하여 비교적 형상이 단순한 Straight형식의 경우에 한해서 위의 조건을 만족하기 위한 연구를 수행하였다. 또한 기존의 설계는 Groove를 제외한 나머지 부분의 설계를 마친 후 Groove를 설계함으로써 설계가 완료되었으나, 본 논문에서는 Groove의 형상이 미리 정해져 있다는 가정하에 나머지 관련된 부품의 형상을 결정하도록 연구를 수행하였다.

2.2 목적함수

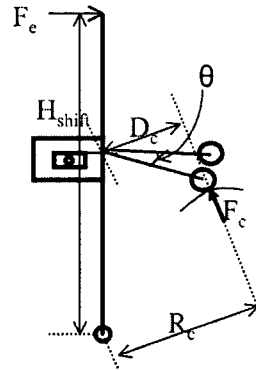


그림 1. 목적함수를 위한 Rc/Dc의 기하학적 의미

목적함수는 Detent Spring이 움직이는 각의 크기와 오토레버 기구부의 부피를 최소화하는 것으로 정하였다. 다음은 본 논문에서 고려한 목적함수이고, 그에 따른 구속조건은 다음과 같다.

$$\text{Minimize } \theta + I_{\text{geometry}} \quad (1)$$

Subject to

$$\frac{F_c}{\text{Area}} - \sigma_{\text{steel}} < 0$$

$$\frac{ML^2}{2EI} - 1 \leq 0$$

$$K_{\theta} * \theta_0 - F_{\text{ext}} * H_{\text{shift}} < 0$$

$$\sigma_{\text{hole}} - \sigma_e < 0$$

$$\frac{F_b}{10 * W_{\text{step}}} - \tau_{\text{plastic}} < 0$$

$$\frac{F_s}{10 * W_{\text{bracket}}} - \tau_{\text{plastic}} < 0$$

$$F_{\text{button}} - P_{\text{cr}} < 0$$

$$K \frac{8C^3}{\pi D^2} F_{\text{button}} - \tau < 0$$

2.3 제안된 유전 알고리즘 T

본 연구에서는 다음 세대를 생성하기 위해, 선택 연산자로 비례선택과 엘리트 보존 선택을 사용하였고,

교배 연산자로는 일정 교배를 사용하였으며, 돌연변이 연산자로는 균등 돌연변이를 사용하였다^{5,6)}.

3. 적용 사례 연구

오토 레버 기구부의 최적화를 위해 레버의 기능성을 증시하면서, 동시에 부피를 최소화하는 문제를 구성하였다. 문제를 풀기 위해 초기값은 임의의 값을 사용하였다. 그리고 유전 알고리즘에 사용되는 Parameter로 집단의 크기는 50, 세대교체의 횟수는 1000, 교배율은 0.8, 돌연변이율은 0.1로 하였다.

그리고 코드의 유용성을 확인하기 위해 상용 유전 알고리즘 프로그램과 결과값을 비교하여 보았다. 프로그래밍 코드를 통한 최적 설계, 상용 프로그램을 통한 최적 설계, 그리고 실제 설계 값에 대한 비교를 표 1에 나타내었다.

표 1. 최적 설계값과 실제 설계값의 비교

Variable	최적화	프로그램	실제 설계 값
Height of Shift Pipe	262	254.8	275
Inner Radius of Shift Pipe	5.95	5.64	5.5
Outer Radius of Shift Pipe	6.67	6.48	7.5
Height of Detent Spring	118.66	115.59	112
Stiffness of Detent Spring	53.56	54.13	35
Initial Position of Groove	79.8	76.1	75
Height of Groove	99.51	89.21	100
Height of Detent Pin	99.19	89.19	87
Width of Step	3.24	3.43	6
Width of Bracket	3.21	3.54	5
Radius of Rod	4.32	3.71	2.5
Outer Radius of Main Spring	2.49	2.1	4
Coil Radius of Main Spring	0.3	0.43	0.5
목적함수값	25.38	22.27	78.46

코드를 통한 최적화와 상용 프로그램을 통한 최적화 중에서 상용 프로그램이 조금 더 결과값이 좋음을 알 수 있으나, 실제 산업 현장에서 사용되는 설계값과 비교해 보면 그 차이가 경미한 것을 알 수 있다.

표 2에서 최적화를 통해 나온 결과값을 사용해 실제 제품 설계에 사용할 수 있는 설계값을 제안하였다

4. 결론

본 연구에서는 오토 레버의 기구학적 설계를 최적화하기 위하여 유전 알고리즘을 사용하였다.

지금까지 산업체에서는 오토 레버의 부품을 단계적으로 하나씩 설계 하였으나, 본 논문에서는 여러

부품의 변수들을 동시에 고려하여 설계하는 새로운 방법을 제안하였다.

이를 위해 Detent spring의 각 변화에 영향을 주는 변수들을 정의하고, 그 변수들의 관계를 이용하여 목적함수를 제시하고, 구속 조건을 만족하는 범위에서 부품의 형상을 구성하는 변수들의 값을 결정하여 이의 유용성을 평가하였다. 또한 민감도 해석을 통하여 설계를 할 때 중요하게 고려해야 하는 변수들의 우선순위를 제시하였다.

표 2. 최적화를 통한 제안 설계값

Variable	제안 설계 값
Height of Shift Pipe	262
Inner Radius of Shift Pipe	6.5
Outer Radius of Shift Pipe	7.5
Height of Detent Spring	118
Stiffness of Detent Spring	54
Initial Position of Groove	80
Height of Groove	100
Height of Detent Pin	100
Width of Step	3.5
Width of Bracket	3.5
Radius of Rod	4.5
Outer Radius of Main Spring	2.5
Coil Radius of Main Spring	0.5

참고 문헌

- [1] 하성도 외, "지능형제품설계 시스템 개발", 과학기술부, 2001
- [2] A. Whitefield, F. J. Wallace and R. Sivalingam, "A Study on Flow Through a Torque Converter", SAE paper 881746
- [3] Cho. D., "Nonlinear Control Methods for Automotive Powertrain Systems", Dept. of Mech. Eng. Ph. D. Thesis, M.I.T., 1987
- [4] T. Nakagawa, "Recent Developments in Auto Body Panel Forming Technology", *43rd General Assembly of CIRP*, Edinburgh, pp.717-722, 1993
- [5] David Beasley, David R.Bull, Ralph R.Martin, "An overview of Genetic Algorithms : Fundamentals, Morgan Kaufman, 1993
- [6] Goldberg DE, "Genetic algorithms in search, optimization and machine learning", Addison Wesley, 1989