

〈응용 논문〉

트리즈의 SFA를 이용한 와이퍼의 채터링 현상 개선 방법에 관한 연구

최 준 호 · 박 장 우 · 김 권 세*

아주자동차대학교 미래자동차공학부

A Study on How to Improve the Chattering Phenomenon of Wipers Using TRIZ's SFA

Junho Choi · Jangwoo Park · Kwonse Kim*

Department of Automotive Engineering, Ajou Motor College, Chungnam 33415, Korea
(Received 5 October 2022 / Revised 5 December 2022 / Accepted 6 December 2022)

Abstract : In this paper, a solution that can address the chattering phenomenon of a car's wiper was derived. Thus, TRIZ was used. TRIZ consists of several tools. Among them, a tool that models and analyzes situations where problems occur is Substance-Field Analysis (SFA). SFA is a diagrammatic representation of the system in question, as it is currently operating. SFA is easy to understand, but the clues for finding solutions are limited to the current situation. Moreover, it is supplemented so that the changed state of the substance constituting the system in question, that is, the factor of time, can be reflected in the SFA. To reflect the changed state of the substance constituting the system in the SFA, additional items will be tabulated. This item table was then applied to derive a solution for a chattering car wiper. In addition to the solution to the current situation, another solution that considered changing the substance over time was also derived. Among the solutions to wiper chattering, an appropriate solution must be reviewed based on evaluation criteria according to the development or production conditions of the wiper. Thus, no appropriate solution was selected in this paper.

Key words : TRIZ(트리즈), Solution(해결안), Chattering(채터링), Wiper(와이퍼), System(시스템), Substance(물질), Field(장)

Nomenclature

SFA	: substance-field analysis
F	: field
F1	: 1'st field
F2	: 2'nd field
S1	: object(1'st substance)
S2	: tool(2'st substance)
S3	: 3'rd substance
S2'	: modified tool
Me	: mechanical fields
Ex.	: example

1. 서 론

기술적 문제의 해결안을 얻기 위한 공학설계론적 방법으로는 문헌조사나 모델시험 등의 전통적 방법과 브레인스토밍, 635방법, 화랑법, 연상법 등의 직관적 방법, 설계 카타로그 등과 같이 분류표를 이용한 추론적 방법 등이 있다. 이러한 방법들은 해결안을 도출하기 위한 생각의 방향성을 제시하지 못하기 때문에 해결안 탐구를 위한 초기단계에서는 해결안 도출을 위한 다방면의 시도가 필요하다.

트리즈(TRIZ)는 기술적 문제의 해결안을 도출하기 위한 생각의 방향성을 제시한다는 장점이 있다. 트리즈는 창의적 문제 해결 이론이라는 뜻의 러시아어 약자이다. 이 이론은 러시아의 알트슐러 박사에 의해 개발되었다.¹⁾

*Corresponding author, E-mail: kskim84@motor.ac.kr

¹⁾This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

트리즈는 문제해결을 위한 여러 가지 기법들을 제공한다. 그 중 Substance-Field Analysis(SFA)는 지식 기반에서 빼낸 서로 다른 아이디어를 고찰하기 위해 사용되는 빠르고 간단한 모델을 제공한다.²⁾ 즉 공학적 시스템을 다이어그램으로 표현함으로써 문제의 시스템을 쉽게 이해할 수 있고 해결안 탐색의 방향성을 제안하는 장점이 있다.

SFA는 관심대상이 포함된 공학적 시스템 내에서 현재 상태를 기준으로 분석을 한다. 문제의 발생은 시스템의 초기상태에서는 없었으나 일정 시간이 흐른 뒤에 시스템에서 문제가 발생하는 경우가 있다.

이러한 문제를 갖고 있는 대표적인 자동차 부품으로는 와이퍼를 꼽을 수 있다. 일반적으로 자동차의 와이퍼는 새제품으로 교체했을 당시에는 작동시 문제가 없지만 일정 시간이 지난 뒤에는 작동시 채터링(Chattering) 현상이 발생한다. 와이퍼의 채터링 현상에 대한 기존 연구^{3,4)}는 와이퍼의 소음 진동 특성에 관한 것으로 채터링 현상의 개선 방법에 대한 연구는 미비하다.

그러므로 본 논문은 공학적 설계과정의 다섯 단계(기획과 과제규명, 개념설계, 구체설계, 상세설계) 중에서 개념설계 단계의 개념안 또는 해결안 도출에 관한 것으로, 시스템 구성요소의 상태 변화와 변화의 원인을 SFA에 반영하여 자동차의 와이퍼가 작동할 때 발생하는 채터링 현상을 개선할 수 있는 해결안을 도출하였다.

2. Substance-Field 분석

트리즈는 문제의 대상이 하나의 시스템 내에 존재한다고 보고 이것을 다이어그램으로 표현하여 문제 현상을 분석하고 문제 해결의 아이디어를 얻는다. 트리즈에서는 이것을 Substance-Field Analysis(물질-장 분석)이라고 한다.

SFA의 시작은 문제의 대상과 그 대상에 적용되는 도구 그리고 그 도구가 작용하는 필드(Field)를 정의하는 것이다. 일반적으로는 이렇게 정의된 상황은 Fig. 1과 같이 삼각형의 형태로 표시한다.²⁾ 필드의 개념은 어떤 에너지나 힘의 영역을 의미한다. 필드의 종류는 여러 가지가 있으며 기본적인 필드는 Table 1과 같다.

Fig. 2는 불충분한 완전시스템의 형태이고 Fig. 3은 불충분한 완전시스템의 해결안을 얻기 위한 세 가지 기본적인 해결안 도출의 방향을 보여준다.²⁾ 불충분한 완전시스템은 문제의 대상이 완전한 시스템을 이루고 있지만, 도구의 기능 수행 결과가 충분한 효과를 발생하지 않는 시스템을 의미한다.

Table 1 Changes in state and causes of problems

No.	Name of the field
1	Mechanical fields
2	Acoustical fields
3	Thermal fields
4	Chemical fields
5	Electric fields
6	Magnetic fields
7	Electromagnetic fields

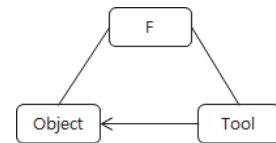


Fig. 1 Basic model of SFA(Complete system)

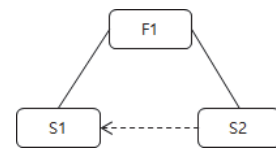
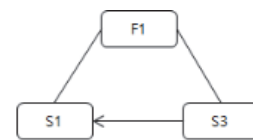


Fig. 2 Insufficient complete system



a) Change S2 to S3



b) Apply F2 to S2



c) Add S3 and F2 between S1 and S2

Fig. 3 Basic solution to insufficient complete system

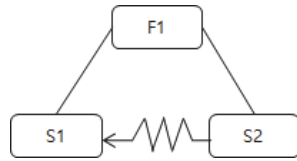
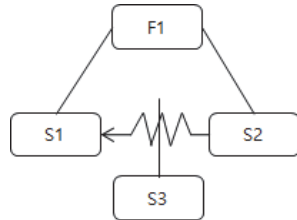
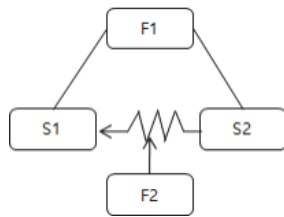


Fig. 4 Harmful complete system



a) Add S3 between S1 and S2



b) Add F2 between S1 and S2

Fig. 5 Two basic solution to harmful complete system

기능(Function)⁵⁾이란 과제(Task)를 수행하기 위한 시스템의 입출력간의 일반적 관계로 정의할 수 있다. 기능은 입출력부에서 에너지, 물질 및 정보의 상태를 명시하면 명백하고 충분하게 정의될 수 있다.

Fig. 4는 유해한 완전시스템의 형태이고 Fig. 5는 유해한 완전시스템의 해결안을 얻기 위한 두 가지 기본적인 방법을 보여준다.²⁾ 유해한 완전시스템은 문제의 대상이 완전한 시스템을 이루고 있지만 도구의 기능 수행 결과가 해로운 효과를 포함하고 있는 시스템을 의미한다.

SFA에 의한 해결안 모색은 트리즈에서 제공하는 76가지의 표준 해결안을 이용할 수 있다.²⁾ 그러나 표준 해결안의 이용과 해결안 도출은 많은 경험을 필요로 한다.

3. 해결안 모색을 위한 추가 항목

SFA에는 트리즈가 제공하는 분석 도구 중에 하나이지만 다른 트리즈의 도구 보다 더 많은 기술 지식을 요구한다.²⁾ 그러므로 SFA를 이용하여 해결안을 도출하는 것은 개인의 과학적 지식에 따라 다를 수는 있겠지만 해결안을 모색하는데 어려움을 겪을 수 있다.²⁾

문제 대상의 시스템에서 SFA를 위해서 세 가지 항목(F, S1, S2)을 정의하게 되는데, 이 항목은 SFA에서 문제

가 발생하는 현상에 대한 정의이다. 해결안 모색을 위한 단서로는 충분하지 않은 편이다. 그러므로 해결안 모색을 위해서 추가적인 항목을 고려하면 해결안 모색에 도움이 될 수 있다.

문제가 발생하는 현상에 대한 항목 이외에 문제의 대상과 도구의 상태 변화와 그 상태 변화의 원인을 정의할 필요가 있다. 이유는 문제의 발생은 문제 대상 또는 도구의 상태 변화가 원인이 될 수 있기 때문이다.

문제의 대상과 도구의 상태 변화와 그 상태 변화의 원인을 정의하기 위한 항목을 Table 2에 정리하였다.

Table 2에서 대상(Object)은 관심 시스템에서 발생하는 문제에 의하여 손해를 보는 물질(Substance)이다. 도구(Tool)는 관심 시스템에서 기능을 수행하는 주체이며 문제를 발생시키는 주체이다. 이러한 대상과 도구의 상태 변화는 해결안 모색의 중요한 단서가 될 수 있다.

그러므로 변화된 상태와 원인 분석을 통하여 문제의 해결안을 보다 쉽게 모색할 수 있는 것은 자명하다.

4. 채터링이 발생하는 와이퍼 블레이드의 해결안

4.1 채터링이 발생하는 와이퍼 블레이드의 SFA

와이퍼는 차량의 유리면에 장착되어 유리면 위의 비, 눈, 먼지 등을 닦아내어 운전자의 시야를 확보하는 역할을 한다.⁶⁾

Table 2 Changes in state and causes

State Substance	State change		Cause of state change
	Past	Present	
Object	ex.(normal)	ex.(pollution)	ex.(polluted environment)
	⋮	⋮	⋮
	ex.(normal)	ex.(wear)	ex.(friction)
Tool	⋮	⋮	⋮

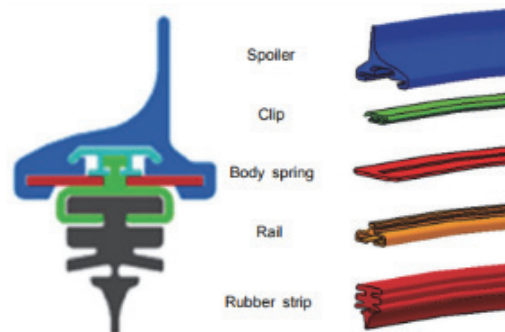


Fig. 6 Composition of a typical flat wiper blade⁴⁾

와이퍼 작동에 의한 여러 가지 소음 및 진동이 발생할 수 있는데 그 중에서 채터링(Chattering)은 비교적 저주파 진동으로 유리면에 채썰듯한 모양을 남긴다.⁴⁾

일반적인 플랫타입의 와이퍼 블레이드 구조는 Fig. 6과 같다.

4.1.1 SFA를 위한 문제 상황 정의

채터링이 발생하는 와이퍼를 트리즈의 SFA 방법을 이용하여 위하여 문제 현상을 정의하면 다음과 같다.

대상(Object) : 자동차의 앞 유리(Windscreen)
 도구(Tool) : 와이퍼(Wiper)
 와이퍼의 기능 : 유리면의 오염물질을 제거
 유해한 기능 : 채터링 발생
 불충분한 기능 : 채터링 발생 시 기능수행 불충분

불충분한 기능은 유해한 기능 즉 채터링 발생에 의한 것이므로 채터링 문제를 해결하면 불충분한 기능은 사라진다. 그러므로 채터링이 발생하는 자동차 앞 유리와 와이퍼는 유해한 완전시스템에 해당이 되고 이것을 다이어그램으로 표현하면 Fig. 7과 같다.

4.1.2 SFA에 의한 해결안 모색

유해한 완전시스템의 유해한 기능을 제거하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있는데 그 방법을 체계적이고 효율적으로 찾는 것은 쉽지 않다. 그러나 트리즈의 SFA는 Fig. 5와 같이 유해한 완전시스템의 해결안을 모색할 수 있는 두 가지 방향을 제시한다.

해결안 모색을 위한 두 가지 방향은 앞 유리면과 와이퍼 사이에 S3 또는 F2를 적용하는 것이고, 궁극적으로는 채터링 현상을 제거하는 것이다.

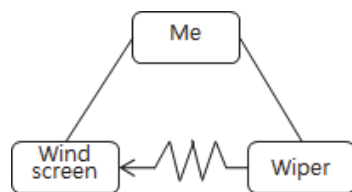


Fig. 7 SFA of windshield and wipers with chattering

Table 3 Direction of thinking and generating ideas to find solutions

Groping direction	Apply S3 or F2	Description
Between the windscreen and the wiper	Lubricant	Allows the wiper to move smoothly

그러나 개인의 과학적 지식에 따라 다를 수 있지만 위 두 가지 방법으로는 해결안을 모색하는 것은 어려울 수 있다. Table 3은 두 가지 모색 방향에 의해 도출된 해결안이다.

4.2 와이퍼의 채터링 발생 원인 규명

채터링 특성에 영향을 미치는 파라미터는 고무의 물성, 유리면과의 마찰계수, 와이퍼 블레이드와 진행 방향이 이루는 각도인 접촉각 등으로 알려져 있다. 와이퍼가 작동하는 동안 정상적인 고무 스트립의 움직임은 Fig. 8과 같다. 그러나 채터링이 발생하는 와이퍼의 고무 스트립을 관찰한 결과 Fig. 9와 같이 고무 스트립의 변형이 관찰되었다.

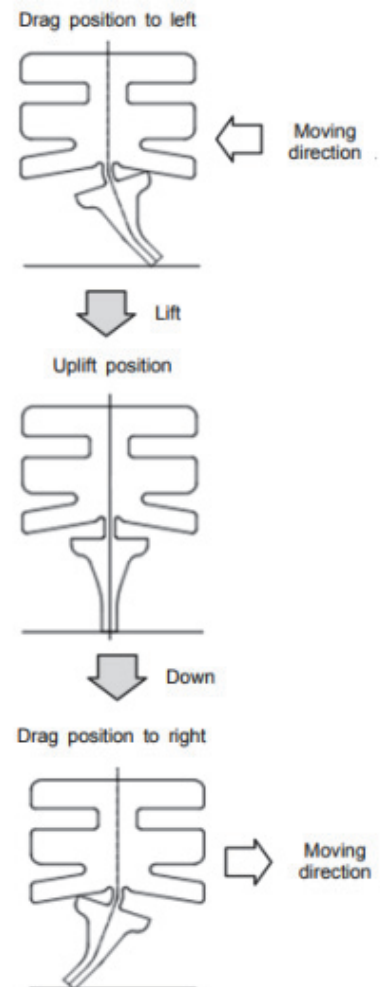


Fig. 8 Movement of the blade rubber strip during a flip-over process⁴⁾



Fig. 9 Deformed rubber strip causing chattering

Table 4 Changes in the state of the glass surface and wipers and their causes

Substance	State change		Cause of state change
	Past	Present	
Windscreen	Normal	Normal	Normal
	Normal	With water	Rainy weather
	Normal	With oil film	Bad environment
Rubber strip	Normal	Deformed rubber strip	Incorrect storage
	Normal	Hardened rubber strip	Bad environment

트리즈의 SFA 방법을 이용한 해결안 모색을 보다 효과적으로 하기 위하여 채터링 발생의 원인을 규명할 필요가 있으며, 이에 대한 방법으로 채터링이 발생할 수 있는 조건의 상황을 Table 4에 정리하였다.

4.3 와이퍼 블레이드의 채터링 해결안 도출

채터링이 발생하는 와이퍼 블레이드의 경우 유리면이 현재 정상이지만 고무 스트립이 변형된 경우와 경화된 경우가 있다. 경화된 고무 스트립은 햇빛에 의한 자외선 노출과 같은 환경의 영향이 크다고 볼 수 있다. 이러한 이유로 일부 차량 중에는 와이퍼 블레이드가 후드의 안쪽으로 숨겨지는 것도 있다.

본 논문에서는 고무 스트립의 변형에 의한 채터링 현상을 개선할 수 있는 해결안 도출을 시도하였다.

채터링이 발생하는 변형된 고무 스트립을 트리즈의 SFA 방법을 이용하기 위하여 문제 현상을 정의하면 다음과 같다.

대상(S1) : 자동차의 앞 유리(Windscreen)

도구(S2') : 변형된 고무 스트립(Deformed rubber strip)

도구(S2) : 일반(정상)적인 고무 스트립(Normal rubber strip)

필드(F1) : 기계적 필드(Mechanical field)

필드(F2) : 다른 필드(Other field)

고무 스트립의 기능 : 유리면이 손상되지 않게 유리면의 오염물질을 제거

유해한 기능 : 채터링 발생

SFA를 적용하는데 있어서 고무 스트립의 변형을 반영하여 다이어그램으로 표현하면 Fig. 10과 같다.

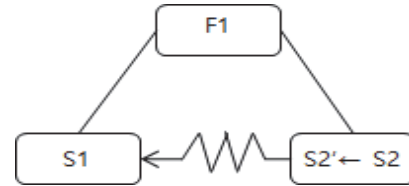
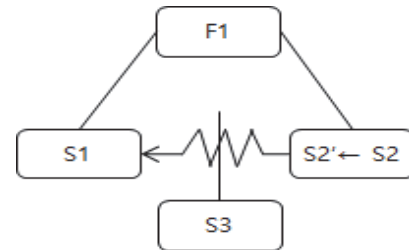
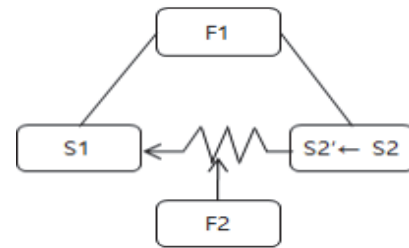


Fig. 10 Substance-field model with deformed rubber strip



a) Add S3 between S1 and S2 changed to S2'



b) Add F2 between S1 and S2 changed to S2'

Fig. 11 Two basic solution for deformed rubber strip

Table 5 Direction of thinking and generating ideas to find solutions

Groping direction	Apply S3 or F2	Description
Prevent deformation of rubber strip	Pedestal	Raise the wiper arm slightly as it returns to the home position to avoid squeezing the rubber strip.
	Sheath	The rubber strip must be erected and protected.
Deformation compensation of rubber strip	Hinge	By applying a hinge structure to the rubber strip, it overcomes the deformation of the rubber strip.
	Lubricant	Allows the deformed rubber strip to move smoothly.

SFA의 모델에서 도구(Tool)의 자리에는 S2가 S2'로 변형되었음을 표현하였다.

유해한 완전시스템의 유해한 기능을 제거할 수 있는 해결안은 Fig. 11과 같이 두 가지 다이어그램을 참조하여 해결안 모색을 위한 방향을 설정할 수 있다. 이 해결안 모색의 방향은 새로운 물질(S3) 또는 새로운 필드(F2)를 이용하여 고무 스트립이 변형되지 않게 하거나 변형된 고무 스트립을 보상하면 된다.

이상의 해결안 모색을 위한 방향 설정에 따라서 네 가지 해결안이 도출하였고 이를 Table 5에 정리하였다.

5. 결 론

본 연구를 통해서 트리즈가 제공하는 분석 도구 중의 하나인 SFA의 단점을 개선하기 위한 방법을 제안하였고 이를 자동차 와이퍼의 채터링 현상 개선에 적용하였다.

해결안 모색에 있어서 해결안 도출을 위한 단서를 구체화하고 양을 늘림으로써 비교적 쉽게 해결안을 도출할 수 있었다.

결론적으로 채터링 현상을 개선할 수 있는 해결안을 모색하고 네 가지 해결안을 도출하였다. 채터링 문제를 해결하기 위해 도출된 해결안은 크게 고무 스트립의 변형 방지와 보정에 관한 것으로 나눌 수 있으며, 도출된 해결안들을 조합한 또 다른 해결안이 도출될 수도 있다.

도출된 해결안들 중에서 최종적인 선택은 평가기준에 의한 평가를 통해서 선택되어질 수 있는데 평가기준은 개선된 와이퍼의 개발 또는 생산 조건에 따라 달라지므로 본 논문에서는 해결안의 평가는 수행하지 않았다.

후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.NRF-2022R1G1A100400011).

References

- 1) H. J. Kim, Practical TRIZ's Creativity Science, Doyangsa, Seoul, p.33, 2007.
- 2) J. Terninko, A. Zusman and B. Zlotin, Systematic Innovation, Korea TRIZ Association, Seoul, p.149, 2003.
- 3) B. Lee, "Automotive Windshield Wiper Linkage Dynamic Modeling for Vibration Analysis," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol.18, No.4, pp.465-472, 2008.
- 4) H. Lee, "A Study on the Attenuation of Flip-over Vibration in the Flat Blade Windshield Wiper," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol.22, No.10, pp.974-984, 2012.
- 5) G. Pahl and W. Beitz, Engineering Design, Dongmyungsa, Paju, p.31, 1998.
- 6) W. H. Kim, T. W. Park, J. B. Chai, S. P. Jung and W. S. Chung, "Estimation of Contact Pressure of a Flat Wiper Blade by Dynamic Analysis," Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A, Vol.34, No.7, pp.837-842, 2010.