한국정밀공학회지 제 24 권 제 7 호 (2007 년 7 월)
Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 24, No. 7, July 2007

창의적 문제 해결이론(트리즈)을 이용한 자전거용 무단 변속장치의 개발

이건상*, 유병철#, 최준호**

A Study on the Development of a Continuously Variable Transmission for Bicycles by Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)

Kun Sang Lee*, Byung Chul Yoo# and Jun Ho Choi**

ABSTRACT

This paper represents a study on the development of the conceptual design for the bicycle transmission by TRIZ. At first the problem of the transmission of commercial bicycles was analyzed. The problem was defined as "the variable sprocket pitch diameter with respect to the tension change of chain". The conceptual solutions were derived by Su-Field Model Analysis, IFR(Ideal Final Result), SLP(Smart Little People), and Contradiction Matrix. The here developed sprocket prototype shows the automatic change of sprocket pitch diameter with the tension change of chain.

Key Words : TRIZ (창의적 문제해결 이론), Diameter Variable Sprocket (직경 가변형 스프라켓), Transmission (변속장치), Bicycle (자전거), Su-Field Model Analysis (물질-장 분석법), Contradiction Matrix (모순행렬), SLP (Smart Little People:스마트한 아주 작은 사람)

1. 서론

인류는 오랜 옛날부터 이동의 편리를 위해 바퀴를 고안하게 되었으며, 이 바퀴를 이용하여 자력으로 손쉽고 보다 빨리 달려보고 싶은 인간의 꿈을 실현시켜 준 것이 자전거이다. 자전거는 이러한 인간의 꿈을 실현 시켜준 편리한 기구인 만큼 그 기원에 대해서도 오랜 역사를 가지고 매우 다양한 형태로 전해지고 있다.

1966년에는 레오나르도다빈치가 1490년경 작성한 것으로 보여지는 원고 중에서 페달과 체인이 달려있고 오늘날의 자전거 구조와 비슷한 모양을 스케치한 것이 발견되었고, 1642년경에 건립된 영국 남부의 시골교회의 스테인드그래스에 자전거를 타고 가는 그림이 그려져 있다.

자전거의 기원과 관련하여 문헌, 교회의 그림, 스케치 등이 발견되고 있으나 고증할 만한 정확한 자료나 실물이 없는 실정으로, 1813년 독일의 귀족으로 당시 산림국장으로 있던 칼 폰 드라이스(Karl von Drais) 남작이 발명하고, 1818년 프랑스에서 자

☞ 접수일: 2006년 9월 5일; 게재승인일: 2007년 5월 7일
* 국민대학교 기계자동차공학부
# 교신저자: 국민대학교 자동차공학전문대학원
E-mail: autoyu@paran.com Tel. (02) 910-5150
** 덕창기계(주)

전거로서는 처음으로 특허를 얻은 "드라이지네"를 일반적으로 세계최초의 자전거로 인정하고 있다. "드라이지네"가 발명된 20년 뒤인 1835년 영국의 맥밀란(Kirk Patrick Macmillian)이 자전거에 페달을 부착하여 발로 땅을 차지 않고서도 달릴 수 있는 자전거를 개발하여 자전거 발전에 획기적인 계기가 되었다. 맥밀란식 자전거는 페달을 앞뒤로 저어 뒷바퀴를 움직이게 하는 즉, 직선운동을 회전운동으로 바꾸는 형식을 채택하였다.

1861년 프랑스의 미셔(Pierre Michaux)부자가 앞바퀴에 크랭크를 장착하고 페달을 부착, 페달의 회전하는 힘을 직접 앞바퀴에 전달하여 앞바퀴를 굴러가게 하는 전륜구동식의 미셔형 자전거를 개발하였다. 이 미셔형 자전거는 대량으로 생산되어 세계 여러 나라로 수출되었으며, 일부 귀족들이 놀이기구 정도로 이용되던 자전거가 일반서민들에게까지 보급되어, 편리한 이동수단 내지는 운반수단으로 사용되는 계기가 되었다.

1879년 영국의 로슨에 의해 "체인 전도식 자전거"가 발명되었다. 이 자전거는 페달의 위치를 바꾸고 크랭크의 회전에너지를 체인을 통하여 기계적 효율이 좋은 뒷바퀴에 전달하는 방법으로 자전거는 물론 산업전반에 큰 영향을 주었다.

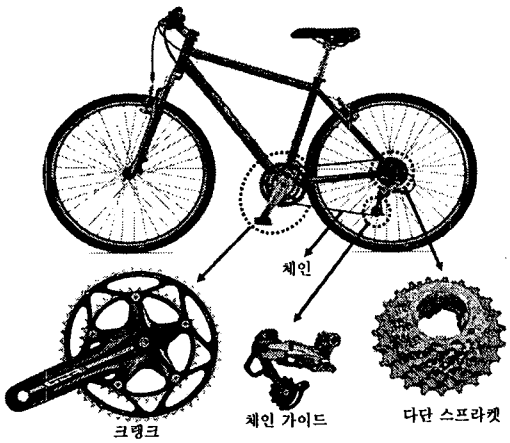

Fig. 1 The components of a bicycle

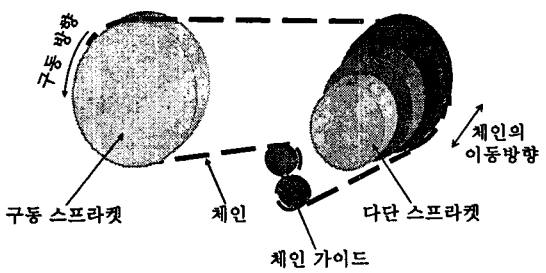

Fig. 2 The components of a bicycle transmission

1880년대 후반에 현재처럼 고무타이어가 부착되고, 어느 정도의 안전성이 고려된 자전거가 등장하였다.[1]

자전거가 움직이려면 사람의 힘이 필요하고, 사람이 페달을 밟아주어야 한다. 이렇게 페달로 전달된 동력은 크랭크와 크랭크 축을 거쳐 체인으로 전달된다. 이 동력은 다시 체인과 연결된 뒷바퀴의 스프라켓으로 전달되어 바퀴가 돌아가게 된다.

Fig. 1은 자전거의 동력전달과 관련된 주요 부품을 나타낸 것이다. 자전거의 뒤 허브 축에 있는 체인가이드는 큰 동력이 필요할 때는 작은 스프라켓에서 큰 스프라켓으로 이동시켜 사람이 페달을 밟는 힘이 적게 들어가게 한다. 또는 적은 동력으로도 가능할 때는 큰 스프라켓에서 작은 스프라켓으로 이동시켜 주행 속도를 높일 수 있게 한다.

Fig. 2는 자전거 변속장치의 변속방법에 대하여 간략하게 나타낸 것으로, 자전거용 변속장치는 피치원 직경이 서로 다른 스프라켓이 다단계로 배열되어 있다. 이러한 구조에서는 체인을 다른 스프라켓으로 넘어가게 함으로써 변속기능을 수행하게 된다. 이때 스프라켓의 피치원이 서로 다르므로 일시적으로 체인이 동력을 전달하지 못하는 "미끄럼 현상"을 일으켜 "동력손실 및 변속충격"이 발생하는 문제가 있다.

자전거용 다단 스프라켓의 문제점을 개선한다는 것은 "기존의 자전거용 체인을 사용하여 동력손실 및 변속충격 없는 자전거용 변속장치의 개발"이라 할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 다단 스프라켓으로 구성되어 있는 자전거의 변속장치가 갖고 있는 문제점을 개선하기 위해 트리즈(TRIZ, Teoriya Reshniya Izobretatelskikh Zadatch, 창의적 문제해결 이론[2])의 도구들을 활용하고자 한다.

2. 개념적 해결안 탐색

자전거용 다단 스프라켓 변속장치가 가진 문제점을 개선하는 과제는 동력손실과 변속충격이 없는 자전거용 변속장치의 개발이라는 문제로 표현할 수 있다. 트리즈를 이용한 문제해결방법에는 Su-Field

Model 분석법, SLP 방법, IFR 서술양식, 모순행렬 등이 있다. 이러한 방법들을 활용하여 개념적(또는 원리적) 해결안을 탐색하고자 한다.

2.1 Su-Field Model 분석법의 적용

Su-Field Model 분석법[3,4,5]은 시스템과 관련된 문제를 모델링하기 위한 트리즈 분석 도구의 하나이다. 모든 시스템은 특정한 기능을 수행하기 위해서 만들어지며, 시스템에 의해 수행되는 기능은 최소한 두 개의 물질(Substance)과 하나의 장(Field)으로 구성된다. 두 개의 물질과 하나의 장은 Su-Field Model 이라고 불리는 최소한의 시스템을 형성하기 위한 필요충분조건이 된다. 이와 같이 물질과 장을 이용하여 시스템을 구성하여 문제점을 인식하고 해결안을 탐색하는 기법을 트리즈에서는 Su-Field (Substance-Field) Model 분석법이라고 부른다.

Su-Field Model 분석법에서는 시스템을 기본적으로 다음과 같이 세 가지 기본 모형으로 분류한다.

1) 원하는 효과가 발생하지 않는 상황을 나타내는 "불완전시스템"
2) 유해하거나 원하지 않는 효과가 발생하는 상황을 표현하는 "유해한 완전시스템"
3) 원하는 효과가 불충분한 상황을 대표하는 "불충분한 완전시스템"

위의 같은 세 가지의 기본 모형에 대하여 76가지의 표준해결안이 제안되어 있다.[3,4]

Fig. 3은 기본적인 Su-Field Model을 나타낸 것인데, 여러 종류의 선을 이용하여 노드 사이를 연결함으로써 다양한 정보를 표현할 수 있다.

다단 스프라켓으로 구성된 자전거용 변속장치에 대한 Su-Field Model은 불충분한 완전시스템으로 분류되며, 표준해결안은 Fig. 4와 같이 기본적으로 3가지로 제시된다.

(1) 표준해결안 A는 S2(체인)대신에 S3로 대체하여 완전 시스템으로 만들 수 있는 가능성이 있음을 말해주고 있다. 본 연구에서 기존 동력전달장치인 체인을 그대로 사용하고자 하여 표준해결안 A는 제외한다.

(2) 표준해결안 B는 S2(체인)에 F2를 첨가하여 원하는 효과를 강화하는 것이다. 변속동작이 이루어질 때 체인과 다단 스프라켓에서 발생하는 "미끄러짐" 문제를 해결하기 위해서는 F2라는 또 다른 장의 이용이 가능하지만 이것은 새로운 동력원의 추가 또는 운전자에게 상당한 부하를 증가시키는 것을 의미한다. 따라서 자전거용 변속장치의 문제점을 해결하는 데는 적절치 못하다는 판단에 의하여 표준해결안 B는 제외한다.

(3) 표준해결안 C는 S3와 F2를 추가하여 문제를 해결하는 방법이다. 실제로 변속동작 시 체인을 가이드 해주는 장치는 S3와 F2에 해당된다. 결국 표준해결안 C는 체인을 가이드 해주는 장치(S3)의 기능을 개선하거나 다른 장치를 추가하는 개념안을 제시하고 있다.

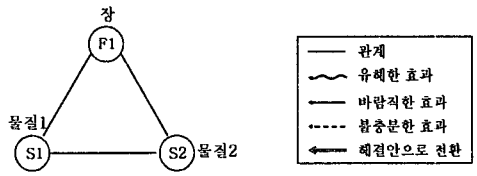

Fig. 3 Su-Field Model

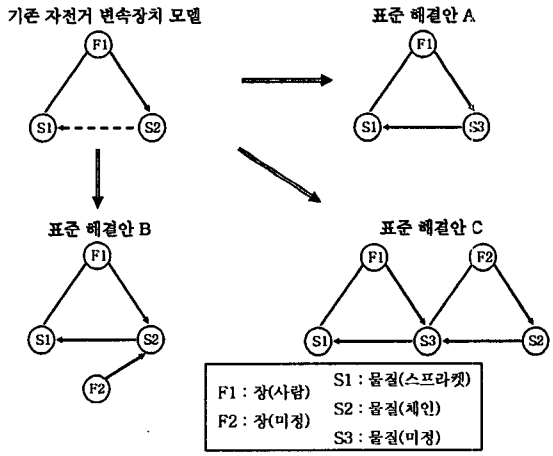

Fig. 4 Su-Field Model Analysis of a bicycle transmission

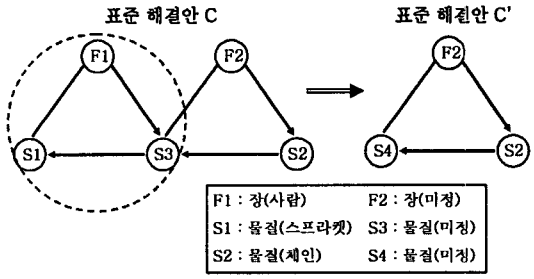

Fig. 5 The modified standard solution C' of Fig. 4 (standard solution C)

또한 표준해결안 C의 S1과 S3 및 F1에 의한 Su-Field Model은 Fig. 5에서 보여주는 바와 같이 S4라는 새로운 물질로 대체되어 효율이 향상될 수 있다. 즉 변속기의 기능(기존 자전거의 체인을 피치원이 서로 다른 다단 스프라켓으로 이동시켜 변속을 가능하게 하는 기능)과 스프라켓의 기능(동력을 전달하는 기능)을 수행할 수 있는 하나의 새로운 물질 S4를 이용한 해결안을 제시하고 있다. 이것은 변속장치를 새롭게 설계하라는 의미로 매우 추상적인 내용만을 제시하는 것이다.

결국 Su-Field Model 분석법에서는 동력전달 및 변속기능을 새롭게 설계하면 된다는 원리적인 해결안을 제시하고 있다.

2.2 SLP 방법의 적용

SLP(Smart Little People)[3]방법은 심리적 타성을 극복할 수 있을 뿐만 아니라 해결책까지 유도할 수 있는 유용한 도구이다. SLP 방법의 기본 개념은 아주 작은 사람들이 있다고 상상하는 것이다. 이 작은 사람들의 눈을 통해 문제를 안에서부터 바라보는 것으로, SLP를 유용하게 사용하기 위해서는 문제 해결자의 "풍부한 상상력"이 필요하다.

Fig. 6은 SLP 방법을 이용하여 단일 스프라켓을 묘사한 것으로 "체형이 같은 사람들이 스프라켓들의 일정한 피치원 직경을 따라서 일정한 간격을 유지하기 위해서 팔을 앞으로 쭉 펴서 앞사람의 어깨를 잡고 있다. 체인의 홈은 이 사람들의 목에 걸리게 되어 있다." 즉 스프라켓의 이(齒)를 사람들의 목으로 가정한 것이다.

단일 스프라켓으로 구성된 변속장치의 변속동작에서 사람들이 허리를 굽히거나, 자세를 낮춤으로써 적당한 크기의 피치원 직경을 만들어 주면 기존의 다단 스프라켓의 변속과정을 수행할 수 있다. 즉, SLP방법에서는 단일 스프라켓을 사용하되 변속을 위해 스프라켓의 직경이 변경될 수 있는 스프라켓의 개발이라고 상당히 구체적인 원리적 해결안을 제시하고 있다.

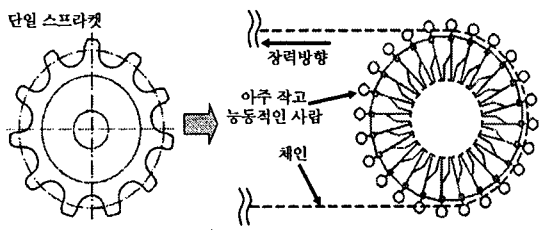

Fig. 6 The concept of sprocket by SLP

2.3 IFR 서술양식의 적용

IFR(Ideal Final Result)[3,4,5] 서술양식은 이상적인 최종 해결안을 탐색하기 위한 적절한 방향을 제시하며, 그 과정에서 문제해결을 위한 개념설계안을 도출할 수 있도록 도와준다. Fig. 7은 트리즈에서 제공되는 IFR 서술양식의 형태들을 나타낸 것이다.

본 연구에서는 변속을 위해 체인가이드의 역할이 절대적인데, 바로 이 때문에 변속 시 미끄러짐과 충격의 발생이 수반되는 것이다. 따라서 체인가이드, 또는 체인가이드의 역할을 없앰으로써 변속 시 미끄러짐과 충격의 발생이 없는 변속장치를 개발하고자 하는 것이다.

IFR 서술양식에 의한 개념설계안 도출과정은 아래의 밑줄 친 부분을 과제에 적합한 단어나 문장을 삽입하는 과정에서 이루어진다.

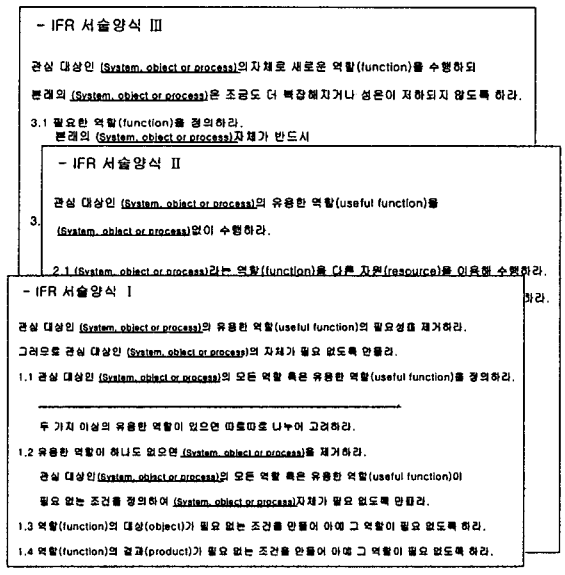

Fig. 7 The form of IFR description documents[6]

관심대상인 체인가이드의 유용한 역할의 필요성을 제거하라. 그리하여 관심대상인 체인가이드 자체가 필요 없도록 만들라.

① 관심대상의 체인가이드의 모든 역할, 혹은 유용한 역할을 정의하라.

a. 체인의 위치 변경

b. 다단 스프라켓의 변속 단을 변경

c. 체인의 길이 조절

② 유용한 역할이 없으면 체인가이드를 제거하라. 관심 대상인 체인가이드의 유용한 역할이 필요 없는 조건을 정의하여 체인가이드 자체가 필요 없도록 만들라.

③ 역할의 대상이 필요 없는 조건을 만들어 아예 그 역할이 필요 없도록 하라.

a. 대상: 체인 – 체인 없이 동력전달이 가능하면 체인가이드의 체인 위치변경 역할이 필요 없다.

b. 대상: 다단 스프라켓 – 다단 스프라켓 없이 변속 가능하면 체인가이드의 변속 단을 변경하는 역할이 필요 없다.

c. 대상: 체인 – 체인 없이 동력전달이 가능하면 체인가이드의 체인 길이조정 역할이 필요 없다.

④ 역할의 결과가 필요 없는 조건을 만들어 아예 그 역할이 필요 없도록 하라.

a. 결과: 위치 변경된 체인 – 체인의 위치변화 없이 변속 가능하면 체인가이드의 체인 위치변경 역할이 필요 없다.

b. 결과: 변경된 변속 단 – 변속 단의 변화 없이 변속 가능하면 체인가이드의 변속 단 변경 역할이 필요 없다.

c. 결과: 길이가 조절되는 체인 – 체인의 길이가 조절되면 체인가이드의 체인 길이 조절 역할이 필요 없다.

위의 서술양식은 Su-Field 분석을 통해 얻은 결과를 IFR 서술 양식에 적용시켜 기술한 것이며, 기술한 IFR 서술양식의 ③ b와 ④ a, b로부터 아래와 같은 개념적 해결안을 탐색할 수 있다.

"다단 스프라켓의 변형, 즉 하나의 스프라켓이 다단 스프라켓의 역할을 할 수 있는 가변형 스프라켓"

이 해결안은 Su-Field Model에 의한 수정해결안 C'(Fig. 5)을 구체화 시킨 것으로 이해 할 수 있다.

2.4 모순행렬의 적용

트리즈에서 모순[3,4,5,7]이란 하나의 시스템에 부여된 상반되는 요구사항으로 하나의 특성을 향상시키면 다른 특성이 나빠지는 현상을 말한다.

모순의 종류에는 기술적 모순, 물리적 모순이 있다. 기술적 모순은 어떤 한 가지 항목의 특성을 개선하면 다른 항목의 특성이 나빠지는 경우를 의

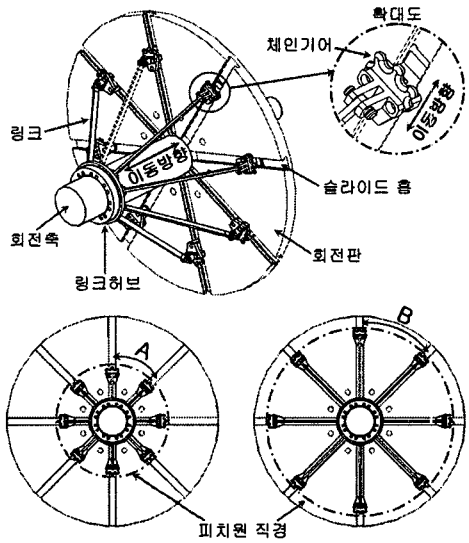

Fig. 8 The conceptual design of a sprocket

Table 1 The suggested conceptual solutions by the contradiction matrix

항목		개념적 해결안
[10]	사전 조치 (Preliminary Action)	a) 물체가 겪게 될 변화를 미리 가한다. b) 이동시간의 낭비 없이 물체를 바로 사용할 수 있도록 편리한 위치에 배열한다. - 도출된 개념적 해결안: 여러 개의 체인을 사용하여 변속동작에 의해 이동할 스프라켓에 미리 체인을 걸어 놓는다.
[28]	기계적 시스템의 대체 (Mechanics Substitution)	a) 기구적인 방법을 감각(빛, 소리, 냄새 등)을 이용하여 대체한다. b) 물체와 작용하는 전기, 자기, 전자기장을 이용한다. c) 정적인 장을 동적인 장으로, 비구조적인 장을 구조적인 장으로 변환. d) 장과 강자성 분자를 함께 사용한다. - 도출된 개념적 해결안: 체인의 장력 변화를 이용한다.
[29]	공압 및 유압사용 (Pneumatics and hydraulics)	a) 고체 대신에 기체나 액체를 이용한다. - 도출된 개념적 해결안: 다단 스프라켓 대신에 스프라켓 모양의 고무주머니에 액체를 넣어 피치원 직경이 변할 수 있게 만든다.
[35]	속성 변화 (Parameter changes)	a) 물체의 물리적 상태를 변화시킨다. (고체, 액체, 기체) b) 농도를 변화시킨다. c) 유연성의 정도를 변화시킨다. d) 온도를 변화시킨다. - 도출된 개념적 해결안: 스프라켓을 형상 기억합금과 같은 물질을 이용하여 피치원 직경이 가변될 수 있게 한다. 혹은 기구적으로 스프라켓을 가변형으로 만들어 피치원 직경의 유연도를 변화시킨다.

미한다. 물리적 모순(또는 고유 모순)은 어느 한 가지 항목의 특성에서 서로 상반되는 경우를 요구할 때 발생하는 갈등이다.

Fig. 8은 단일 스프라켓으로 다단 스프라켓의 효과를 내기 위하여 물리적 모순의 해결안 중 "전체와 부분에 의한 분리(Separation in Scale)"를 적용한 것이다. 자전거에서는 크랭크의 이(齒)를 통하여 체인으로 동력이 전달된다.

체인에 의하여 전달된 동력은 종동축의 스프라켓의 이(齒)를 통해 바퀴로 전달된다. 그래서 단일 스프라켓의 이(齒)를 분리하여, 가변되는 하나의 스프라켓으로 구성하였다. 그러나 Fig. 8의 아래와 같이 피치원 직경이 작을 때의 "체인기어"간의 거리 "A"와 피치원 직경이 클 때의 "체인기어"간의 거리 "B"는 서로 다르고 스프라켓이가 물려 들어가는 체인의 간격은 일정하므로 변속장치의 피치원 직경은 변화할 수 없다는 문제점이 발생한다.

다단 스프라켓의 문제점에 대하여 기술적 모순이 개선되어야 하는 변수와 악화되는 변수로 나누어서 모순 행렬(39×39)에 적용하여 40가지의 원리 중 해결안을 찾아보면 Table 1의 항목과 같고, 이를 이용하여 개념적 해결안을 탐색하여 나타내었다.

2.5 개념적 해결안 선정

Table 2는 Su-Field Model 분석법, IFR(Ideal Final Result) 서술양식, SLP(Smart Little People) 방법, 모순행렬에 의하여 도출된 개념적 해결안을 정리한 것이다. 이들 중 유사하고 중복되는 개념적 해결안을 중심으로 종합하여 다음과 같은 최종 개념적 해결안을 도출하였다.

"하나의 스프라켓으로 다단 스프라켓의 역할을 대신할 수 있으며, 체인의 피치에 능동적으로 대처하는 가변 스프라켓"

Fig. 9는 자전거용 변속장치에 대하여 특허 검색[8] 결과의 예로서 ①은 여러 개의 체인을 사용하여 연속적인 동력전달이 가능하게 하였고, ②는 랙과 피니언을 이용하여 스프라켓의 피치원 직경을 변화시켜 변속동작을 가능하게 하였고, ③은 미끄럼 직선운동이 가능한 링크 장치를 이용하여 피치원 직경을 변화시킴으로 변속동작이 가능하며, ④는 여러 개의 체인을 사용하여 변속하며 변속키를 좌우로 이동시켜 동력의 단락을 조절하게 하였다.

이와 같이 자전거용 변속장치의 특허를 조사한 결과 트리즈에 의해 도출된 자전거용 변속장치의

Table 2 The conceptual solutions for bicycle transmission by TRIZ

적용된 TRIZ 도구	적용 결과
Su-Field 분석	- 체인 가이드의 기능을 변화시키거나 다른 장치를 추가
IFR 서술 양식	- 다단 스프라켓의 변형, 즉 하나의 스프라켓이 다단 스프라켓의 역할을 할 수 있는 가변형 스프라켓
SLP 방법	- 체인의 피치에 능동적으로 대처하는 가변피치를 갖는 스프라켓
모순행렬	- 다중 체인을 이용한 다중 변속장치로 개념적 해결안 도출 - 액체가 들어있는 고무주머니 스프라켓을 이용하는 개념적 해결안 도출 - 형상기억합금으로 만든 가변 스프라켓을 이용하는 개념적 해결안 도출 - 기구적으로 피치원 직경이 가변되는 스프라켓을 이용한 개념적 해결안 도출

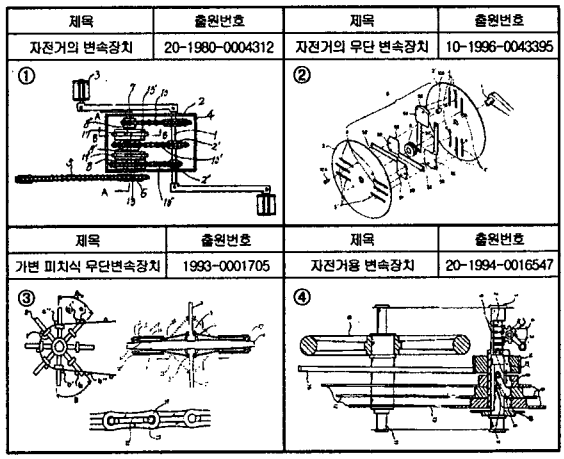

Fig. 9 The patent of transmission for bicycles[9]

개념안과 같이 하나의 회전평면에서 체인의 피치에 능동적으로 대처하며, 스프라켓의 피치원 직경이 가변되는 구조는 없었다.

3. 무단변속장치 시제품 제작 및 시험

3.1 무단변속장치 시제품 제작

Fig. 10은 Fig. 8의 문제점을 보완하여 구체화한 것으로, 링크는 회전판과 같은 평면에서 반경방향으로 움직여 피치원 직경이 변할 수 있게 하였다. 또한 고정식 "체인기어"를 회전식으로 바꾸어 피치원 직경의 변화에 능동적으로 대처할 수 있게

하였으며, 래칫을 이용하여 체인이 동력전달을 할 수 있게 하였다. 또한 래칫은 체인의 역방향 회전 시 체인의 동력전달을 차단하므로 자전거 뒷바퀴의 역회전을 방지할 수 있게 구성하였다.

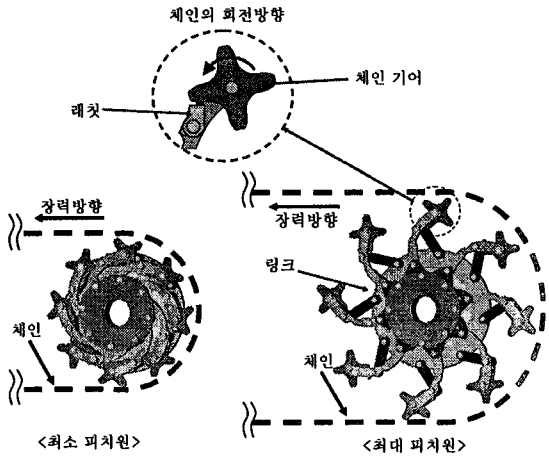

Fig. 10 The final conceptual design of a bicycle transmission

3.2 무단변속장치 시제품 변속성능시험

본 시험은 기존 자전거용 변속장치인 다단 스프라켓의 문제점을 개선하여 체인의 장력 변화에 따라 능동적으로 대처할 수 있는 가변 스프라켓의 가능성을 증명하기 위한 것이다.

Fig. 11은 개발된 시제품과 상용의 6단 스프라켓의 변속비를 비교하여 나타낸 것이고, Fig. 12는 임의의 부하량에 따른 피치원 반경의 변화를 측정하기 위하여 구성한 변속장치 시제품의 실험 개념도를 나타낸 것이다.

	최소 피치원 직경	최대 피치원 직경	변속비
상용 스프라켓(6단)	약 57mm	약 115mm	약 2.0
시제품	약 67.4mm	약 128.4mm	약 1.9

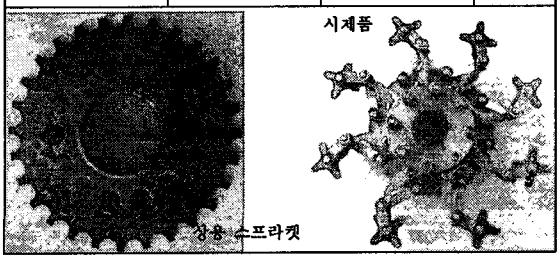

Fig. 11 The specification of developed sprocket

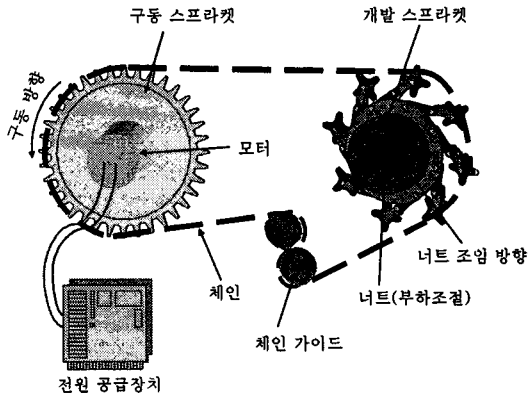

Fig. 12 The composition of experimental equipment

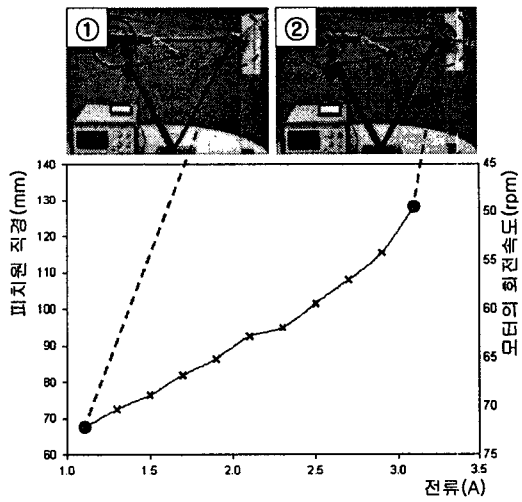

Fig. 13 The effect of load on the pitch diameter

Fig. 13에서는 시제품의 변속장치에 임의의 부하를 가하고, 이에 따른 피치원 반경의 변화를 측정하기 위한 실험 장치 및 결과를 나타낸 것이다. 구동축에 모터를 장착하여 체인으로 종동축의 무단변속기 시제품을 회전시켰으며, 변속장치의 회전을 억제하도록 종동축의 회전축을 너트로 조이며 피치원 직경의 변화를 측정하였다. 이때 구동축의 모터 전압은 3.5V로 일정하게 하였다.

Fig. 13의 ①은 스프라켓의 최소 피치원반경을, ②는 스프라켓의 최대 피치원반경을 나타낸 것이다. 이때 모터 토크와 회전속도의 비[9]를 이용하여 모터에 발생하는 토크를 계산하면 75rpm 일 때 12.2 (oz.-in)이고, 50rpm일 때 12.9 (oz.-in)가 발생한다.

Fig. 13의 아래 그래프는 시제품에 임의의 조임각(즉, 부하)을 증가시켜가며, 모터에 가해지는 전류에 따른 피치원직경의 변화와 모터의 회전속도를 나타낸 것이다. 전류의 증가, 즉 부하가 커짐에 따라 피치원의 직경이 증가하였다. 피치원직경의 증가는 체인에 작용하고 장력의 감소를 가져오고, 이는 페달에 가해지는 힘이 줄어드는 것을 의미한다. 즉 부하가 증가함에 따라 필요한 토크도 증가하지만, 피치원직경이 증가하여 체인 장력은 감소한다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 자전거용 변속장치의 문제점을 분석하고, 개념적 해결안을 탐색하기 위해 트리즈의 도구들인 Su-Field Model 분석법, SLP 방법, IFR 서술양식 및 모순행렬을 적용하였으며, 이 중 가장 높은 구체성을 나타내는 개념적 해결안은 SLP 방법에 의해 도출된 개념안이다.

SLP 방법에 의해 도출된 개념안은 Su-Field Model 분석법, IFR 서술양식, 모순행렬에 의해 도출된 개념안들을 모두 포함하기 때문에 이 개념안을 선택하여 연속적인 변속동작이 이루어지는 자전거용 변속장치 즉, 직경 가변형 단일 스프라켓을 개발하였다.

또한 시제품을 제작하여 시험한 결과 체인에 작용하는 부하의 변화에 따라 연속적인 변속이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Herlihy, D. V., "Bicycle: The History," Yale University Press, New Ed., 2006.
2. Lee, K. W., "Development of Mosquito Trap with Effect of Air Cleaning by Using Theory of Inventive Problem Solving(TRIZ)," J. of the KSPE, Vol. 19, No. 6, pp. 155-159, 2002.
3. Park, Y. T. and Park, S. D., "Science of Invention Patent," Hyunsil & Mirae, pp. 124-129, 132-150, 1999.
4. Kaplan, S., "An Introduction to TRIZ - The Russian Theory of Inventive Problem Solving," Ideation International Inc., pp. 1-27, 1996.
5. Kim, H. J., "Theory of Inventive Problem Solving TRIZ," Jihye, pp. 52-61, 233-278, 2004.
6. Lee, D. I., "Presentation Data of TRIZ Technical Training Course," Society of CAD/CAM Engineers, 1999.
7. Altshuller, G., Shulyak, L. and Rodman, S., "40 Principles : TRIZ Keys to Technical Innovation," Technical Innovation Center, INC.; 1st Ed., pp. 26-104, 1998.
8. "Korea Institute of Patent Information," http://www.kipris.or.kr/
9. "BRUSH SERVO MOTORS 2100 Series Datasheets and Manuals," Cleveland Motion Controls, Inc., http://www.torquesystems.com/