

# 치차장치의 웹 기반 설계 시스템에 관한 연구

권지연<sup>+</sup>, 이성주<sup>+</sup>, 정태형\*

(논문접수일 2003. 5. 28, 심사완료일 2003. 7. 21)

## Web-based Design System of Gear Drive

Ji Yean Kwon<sup>+</sup>, Sung Joo Lee<sup>+</sup>, Tae Hyong Chong\*

### Abstract

There have been continuous efforts for developing the automatic mechanical design system to increase the efficiency of the tedious design process. However, these efforts have been concentrated on single platform application. Hence, the developed systems have been available only in a designated place and time and have been difficult to modify. In this study a web-based design system is developed to offer more reliability and convenience without any restriction of time and place. The developed system is programmed based on Java, and the architecture of the system has object-oriented features of Servlet and JSP and is independent on any operating systems. The developed system has been applied to the initial design of multi-stage gear drives, but as the framework of the developed system is however quite versatile, its application to automatic design of any mechanical system or evaluation can be easily expected.

**Key Words :** Web-based(웹 기반) JSP, Servlet, Gear Design(치차 설계)

## 1. 서론

최근 컴퓨터의 고급화와 인터넷의 급속한 보급으로 우리 생활은 많은 변화를 가져오게 되었다. 인터넷의 이용은 우리 생활의 모든 것을 해결할 수 있다고 해도 과언이 아니다. 또한 이러한 것들이 실시간으로 이루어질 수 있다는 사실에 더욱더 편리함을 느낀다. 이렇듯 인터넷 기술과 컴퓨

팅 환경의 발전으로 웹 기반에서의 공학설계에 대한 관심 또한 높아지고 있지만 컴퓨터 응용 설계 시스템의 웹 기반 설계는 아직 미비한 상태이다. 또한, 기존의 기계 공학 시스템들은 일반적으로 단일 애플리케이션에서만 작동하게 되어, 설계자가 사용하는 컴퓨팅 환경도 제한적이게 되고, 작업을 수행하는 장소와 시간의 구애를 받았다. 또한 공학 설계 프로세스를 담고 있는 시스템은 그 수행 과정이 제품

+ 한양대학교 대학원 기계설계학과

\* 교신저자, 한양대학교 기계공학과 (thchong@hanyang.ac.kr)

주소: 133-791 서울시 성동구 행당동 17

의 자동 설계에 초점이 맞춰져 있기 때문에 그 구조가 매우 복잡하다. 따라서 프로그램의 재사용 또는 수정 및 보완 등이 매우 어렵다. 반면 웹 기반 환경의 설계 시스템은 인터넷이 사용 가능한 곳에서는 언제든지 사용할 수 있으며, 어떠한 시스템에서도 작동할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 최근 이러한 웹 기반 환경의 장점을 이용한 연구들이 많이 진행되고 있다. 2000년 Farai I.<sup>(1)</sup> 등은 자바(Java) 언어를 이용하여 제조업에 사용되는 웹 기반의 컴퓨터 시스템에 관한 연구를 수행하였고, 2001년 Huang G.Q.<sup>(2)</sup>은 웹 기반 환경에서의 설계 변경을 처리할 수 있는 시스템에 관한 연구를 수행한 바 있다. 또한 2002년 Peng J. 과 Law K. H.<sup>(3)</sup> 등은 구조 해석 프로그램을 Matlab<sup>®</sup>과 연결하여 웹에서 사용하는 연구를 진행하였다. 이러한 연구들은 모두 공학 프로그램을 웹 기반 환경에서 구축하려는 시도로 볼 수 있으나, 시스템의 구조가 하나로 통합되어 있는 즉, 유기적으로 얽혀있는 구조이기 때문에 프로그램의 수정 및 보완이 어렵다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이와 같은 연구들의 단점을 보완하고, 설계 시스템의 지역적 한계를 극복하며, 설계의 범용성을 높이는 웹 애플리케이션을 구현하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 웹 프로그래밍 기술

### 2.1 웹 브라우저 생성을 위한 프로그램

웹 브라우저의 생성을 위한 프로그램 중에 가장 많이 사용되는 것이 HTML(Hypertext Markup Language)이다. HTML 문서는 복잡한 구조를 일일이 코딩해야 하는 불편함이 있었다. 또한 동적인 페이지로 구성하기에는 적절하지 않기 때문에 정적인 페이지로 표현되어 금방 식상해지게 된다는 단점을 가지고 있다. HTML의 정적인 자료를 동적으로 움직이게 하기 위해서 등장한 방법이 CGI(Common Gateway Interface)이다. CGI 프로그램을 이용하면 실시간으로 정보를 출력할 수 있는 동적인 문서를 만들 수 있다. 또한 HTML 문서의 코딩을 개선하는 방법들이 등장하기 시작했는데 대표적인 것으로 ASP(Active Server Page)와 PHP(Personal Home Page), JSP(Java Server Page)를 들 수 있다. 이중 JSP는 순수 자바 Servlet 확장을 통해 웹 환경에서 역동적으로 활용할 수 있는 페이지를 구현하기 위해 개발한 서버 측 스크립트 언어로서, 속도, 개발 편의성, 이식성, 확장성 등에서 기존 언어 보다 한 단계 진보한 언어라 할 수 있다. 즉, JSP는 자바 기반 웹 애플리케이션을 개발하

는데 있어서 클라이언트에 전송할 페이지의 동적인 요소를 자바 언어와 전용 태그 즉, 고유의 태그 라이브러리를 만들어 빠르게 구성할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 JSP는 순수한 자바 기반 웹 스크립트 언어로서 자바와 마찬가지로 어느 운영 체제에나 자유롭게 이식 가능하기 때문에 아파치(Apache)와 함께 일반적인 윈도우 환경에서는 물론, 리눅스 또는 유닉스 환경에서도 자주 사용한다<sup>(8)</sup>.

### 2.2 프로세스 처리를 위한 프로그램

웹 페이지는 단순히 클라이언트에게 보여지기만 하는 것이 아니라 끊임없이 데이터베이스와 연결하여 클라이언트의 요구에 맞는 정보를 제공한다. 이런 프로세스를 컨트롤하는 대표적인 방법으로서 CGI와 Servlet 방식을 들 수 있다. Fig. 1에 보이는 바와 같이 CGI는 사용자 하나의 요청에 하나의 프로세스가 생성된다. 일반적으로 하나의 인스턴스가 생성된 후에 쓰레드(thread)로 동작하게 된다. 즉, 하나의 프로세스안에서 여러 개의 멀티 쓰레드가 동작하여 해당 Servlet의 인스턴스를 호출한다. 그러므로 Servlet은 멀티 쓰레드가 가지고 있는 장점인 자원을 공유하게 되므로 CGI의 프로세스 방식보다 해당 자원을 적게 차지한다<sup>(9)</sup>.

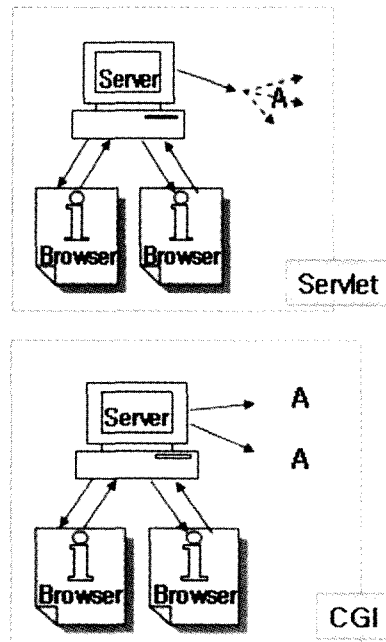


Fig. 1 Servlet and CGI

따라서 설계 프로세스의 처리를 위해 Servlet을 사용한다.

### 3. 웹 애플리케이션의 구성

기계 공학에서 사용되는 컴퓨터 응용 설계 시스템은 초기 설계에서부터 생산까지의 전 과정을 처리해야 하기 때문에 그 구성이 자동 설계 프로세스 위주로 되며, 이에 따라 시스템의 구성은 상당히 복잡해 질 수밖에 없다. 또한 이러한 프로그램은 사용할 수 있는 장소가 한정적이며 가격 또한 비싸서 범용적으로 사용할 수 없었다. 웹 기반 설계 환경의 구축은 이러한 문제점에 대한 대안으로서 제공될 수 있기 때문에 최근 그 구축을 위한 여러 시도들이 이루어지고 있으나 그 개발은 웹 환경이 가지고 있는 특성을 충분히 반영하여야 한다. 웹 애플리케이션이 그러한 변화를 수용할 수 있으려면 구성 요소 중에서 무엇이 자주 변하고 어떤 것이 고정적인가를 분리해 내어야 한다. 이러한 특성을 고려하여 본 연구에서는 웹 기반 환경에서의 설계 시스템으로서 다음과 같은 시스템을 제안한다.

#### 3.1 웹 기반 설계 시스템의 구조

일반적으로 자바 웹 애플리케이션의 주요 구성 요소는 웹 애플리케이션(web application)과 이를 구동하기 위한 Servlet 컨테이너(container)이다. 클라이언트 영역의 브라우저는 웹 애플리케이션에 서비스를 요청하고 응답을 받아서 사용자에게 보여준다. 클라이언트의 요청을 받은 웹 애플리케이션은 적절한 기술을 구사하여 요청을 처리하고 그 결과를 돌려보낸다. 이 과정에서 데이터베이스나 외부 시스템과 연계하는 작업이 일어날 수도 있다. 이러한 일련의 과정을 Fig. 2와 같이 볼 수 있다.

기계 설계에 사용되는 컴퓨터 응용 설계 시스템들의 경우 많은 데이터를 가지고 여러 번의 계산을 통해 결과를 얻어낸 후, 다시 그 결과를 가지고 다른 계산을 수행하는 등의 과정을 거치는 경우가 일반적이기 때문에 시스템의 구조가 복잡해진다. 따라서 이러한 시스템은 수행하는 역할별로 분리하여 설계하는 것이 보다 효율적이며, 시스템의 변화에 대응하며, 유연성 높은 구조를 가진 시스템으로 설계할 수 있는 것이다. 따라서 다음 Fig. 3과 같이 시스템을 구성하고자 한다. Fig. 3에 보이는 바와 같이, 개발한 시스템은 설계자가 데이터를 입력하여 웹 애플리케이션에 서비스 요청을 하는 부분(Servlet), 입력된 데이터로 적절한 계산이 수행되는 부분(JavaBeans), 수행된 데이터를 저장하는 부분(reposi-

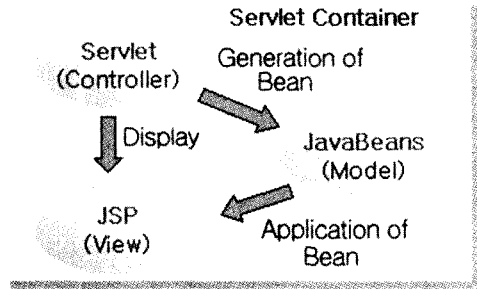


Fig. 2 Web application model

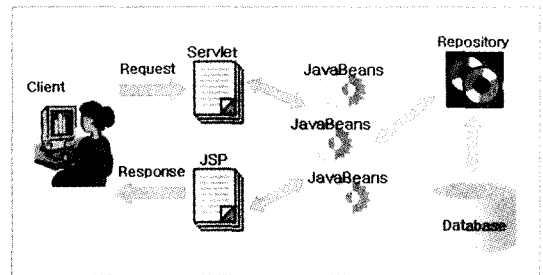


Fig. 3 Structure of the proposed web based design system (Servlet: A request and an answer of a client are controlled. JavaBeans: An appropriate program is carried out. JSP: The results are displayed in a client. Repository & Database: Data is saved.)

tory, database), 설계자에게 결과를 보여주는 부분(JSP)의 4가지 부분으로 구성된다.

이와 같이 설계자가 웹상에서 서비스를 요청하게 되면 Servlet 프로그램을 통하여 데이터가 전달된다. 여기서 요청된 데이터는 JavaBeans 프로그램으로 전달이 되는데 여기서 설계 계산이 수행되는 것이다. JavaBeans 프로그램은 Java언어로 개발된 플랫폼이 레고 블록처럼 각각의 모듈로서 활용할 수 있는 독립적인 컴포넌트 모델이다. 따라서 계산이 수행되는 프로그램의 각 부분이 개별적인 모듈로서 설계될 수 있기 때문에 시스템의 수정 및 보완 시 모든 시스템을 수정하지 않아도 된다. JavaBeans 프로그램에서 계산된 데이터는 데이터베이스에 저장하게 되는데, 저장 방식은 프로그램의 수행이 종료될 때 마다 데이터베이스와 접속하는 것이 아니라, 임시 저장소를 만들어 데이터를 유지시키다가 전체 과정이 완료되면 데이터베이스와 한 번의 접속으로 저장을 하게 된다.

마지막으로 설계자에게 결과를 보여주는 페이지는 JSP

프로그램으로 구성하였다. 이를 통해 설계자의 서비스 요청을 동적 웹 애플리케이션으로 반응하고 사용자들 역시 상황에 맞는 정보를 제공 받게 되는 것이다. 또한, JSP로 구성함으로써 Servlet 프로그램으로 데이터를 전송 받기 때문에 기존의 방법보다 오버헤드를 감소시켜 주게 된다.

#### 4. 다단 치차 장치의 기본 설계

##### 4.1 다단 치차장치 기본 설계 프로세스

다단 치차장치 기본 설계는 Fig. 4와 같은 프로세스로 진행 된다. 설계자가 필요로 하는 전달동력과 입력 속도 및 출력 속도에 모듈, 잇수, 기어비, 피치원 직경, 중심거리, 그리고 치폭을 결정하게 된다. Fig. 4에서와 같이 입력된 데이터로 다단 치차 장치의 단수를 결정하고, 각 단의 치차비를 결정한다. 그 다음 치차에 대한 데이터, 재질 정보, 그리고 치차 크기를 결정하는 각종 인자를 입력하여, 일련의 계산 과정을 통해 대략적이 크기를 정하고, 다시 표준 모듈을 고려하여, 정확한 치차의 크기를 결정한다<sup>(4,5)</sup>.

##### 4.2 다단 치차장치의 단수 결정

다단 치차 장치에서의 단수 결정은 전 치차비에 따른 일반적인 단수 결정방법을 사용하였다. 일반적인 단수 결정법은 Table 1에서와 같이 각 단에서 치차비를 보통(normal), 최대(maximum), 극한(ultimate)으로 구분하여 설계자에 의해 단수를 결정하게 된다.

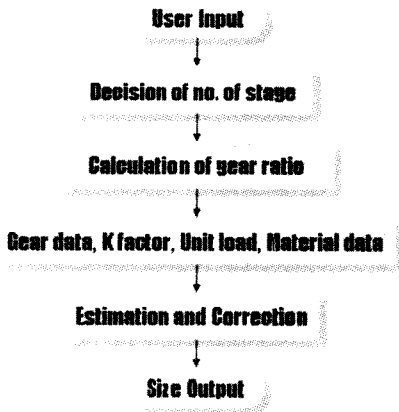


Fig. 4 The process to design multi-stage gear drives in this system

##### 4.3 각 단에서의 치차비 결정

각 단에서의 치차비는 Niemann식을 사용하여 결정하였다<sup>(11)</sup>. Niemann은 치차비 분할을 위해 기어장치의 전달 동력 및 체적 관계로부터 관계식을 유도하였다.

2단 치차 장치에서의 각 단의 감속비는 다음과 같다. 여기서  $\sigma_H$ 는 각 단 치차의 헤르츠 접촉 응력(Hertz contact stress)이다.

$$u_1 = 0.8 \cdot \left( u \frac{\sigma_{H1}}{\sigma_{H2}} \right)^{2/3} \quad (1)$$

$$u_2 = \frac{u}{u_1} \quad (2)$$

3단 치차 장치에서의 각 단의 감속비는 다음과 같다.

$$u_1 = 0.6u^{4/7} \cdot \left( \frac{\sigma_{H1}}{\sigma_{H2}} \right)^{2/7} \cdot \left( \frac{\sigma_{H1}}{\sigma_{H3}} \right)^{4/7} \quad (3)$$

$$u_2 = 1.1u^{2/7} \cdot \left( \frac{\sigma_{H2}}{\sigma_{H1}} \right)^{4/7} \cdot \left( \frac{\sigma_{H2}}{\sigma_{H3}} \right)^{2/7} \quad (4)$$

Table 1 Decision of no. of stage in customized method

	Normal	Maximum	Ultimate
Gear ratio at one stages	6	8	18
Gear ratio at two stages	35	45	60
Gear ratio at three stages	150	200	300

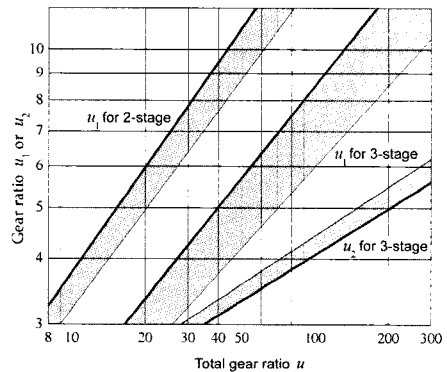


Fig. 5 Distribution of gear ratio  $u$  for two and three stage gearing; Shaded area is the recommended portion

$$u_3 = \frac{u}{u_1 u_2} \quad (5)$$

Niemann은 수식을 통해 2단 및 3단 기어장치의 기어비 분할에 관한 선도를 Fig. 5와 같이 제시하였다. 이는 각 단의 전달 동력이 일정하고, 최소 체적을 가지며, 각 단 기어가 동일한 재료를 가지고 있다는 가정을 통하여 얻은 선도이다. Niemann은 음영된 부분의 영역에 속하는 기어비를 사용하는 것을 권장하였고, 본 연구에서는 영역의 중간 값을 선택하여 계산하였다.

#### 4.4 치차 크기의 결정

치차 크기는 K계수, 단위하중, 종횡비를 이용하여 결정한다. 치차의 사양이 결정된 후 원통 치차의 대략적인 크기를 Q계수법<sup>[10]</sup>에 의해 구할 수 있으며, 전달 동력(P), 회전수( $n_p$ ) 그리고 치차비(u)를 하나의 수치로 나타내어 중심거리(a)와 치폭(b)을 얻을 수 있다.

$$Q = \frac{P(u+1)^3}{n_p u} \quad (6)$$

$$a^2 b = 4774650 \frac{Q}{K} \quad (7)$$

원통 치차의 크기를 결정함에 있어서 K계수는 매우 중요하다. 치면 하중의 지표로 K계수와 단위하중  $U_i$ 을 들 수 있는데, K계수는 면압 강도를 고려한 수치로써, 계수가 크면 클수록 이에 피팅이 일어날 위험이 커진다. 또한 단위하중<sup>[10]</sup>은 굽힘강도 관점에서 본 지표로 단위하중이 커지면 이가 절손 될 위험이 있다.

위 두 계수는 일반적으로 토크(torque,  $T_p$ )와 접선력(tangential force,  $W_t$ )의 식으로 계산된다.

$$T_p = \frac{P \times 9549300}{n_p} \quad (8)$$

$$W_t = T_p \times \frac{2}{d_p} \quad (9)$$

여기서,  $d_p$ 는 피치원 지름이다.

단위하중  $U_i$ 은 이의 하중에 대한 Lewis의 식으로부터 유도한 계수로서 식 (10)과 같다.

$$U_i = \frac{W_t}{b \cdot m_n} \quad (10)$$

K계수는 헤르츠 접촉 응력식(Hertz contact stress formula)으로부터 유도한 계수로서 식 (11)과 같다.

$$K = \frac{W_t}{d_p \cdot b} \left( \frac{u+1}{u} \right) \quad (11)$$

다음은 종횡비( $m_a$ )의 결정이다. 종횡비는 치폭(b)과 피치원 지름( $d_p$ )의 비로 표현된다. 원통 치차에서 치폭의 크기를 정함에 있어서, 피니언의 피치원 직경보다 큰 치폭은 잘 쓰이지 않는다. 만약 치폭이 피니언의 피치원 직경보다 더 커진다면 비틀림 하중이 축의 한쪽 끝에 집중되게 된다. 종횡비  $m_a$ 는 식 (12)과 같이 표현할 수 있다<sup>[10]</sup>.

$$m_a = \frac{d_p}{b} \quad (12)$$

따라서, 다음과 같은 수식이 유도된다.

$$\frac{m_a}{b} = \frac{K \cdot m_a}{U_i} \left( \frac{u}{u+1} \right) \quad (13)$$

다음의 수식으로 잇수(z)를 결정하고, 중심거리의 결정으로, 모듈( $m_n$ )을 구할 수 있다.

$$d_p = z \cdot m_n \quad (14)$$

$$d_p = \frac{2a}{(1+u)} \quad (15)$$

위와 같은 계산을 통하여, 치차의 대략적인 크기를 결정할 수 있다. 그러나, 치차는 기계로 가공되므로 치수가 정수로써 결정되어야 한다. 따라서 표준 모듈 기준치를 이용하여 크기를 보정하였다<sup>[9]</sup>.

## 5. 웹 기반 설계 시스템의 적용 사례

본 연구에서 개발한 웹 애플리케이션을 토대로 다단 치차 장치 기본 설계 시스템을 설계한다. 설계자가 HTTP를 통해 서비스를 요청하게 됨으로써, 설계자가 입력한 데이터를 Servlet 프로그램이 애플리케이션에 전달한 후, 입력받은 데이터는 JavaBeans 프로그램에서 치차 장치의 기본 제원

**Table 2 Input parameters for two stage gear drives**

Transmitted power (kW)	7.5
Input/ Output Speed (rpm)	1450/66.5
Material	Carbon steel
Heat treatment	Carburized & Case hardened
Hardness (HB)	335/330
Gear Type	Spur
Pressure angle (deg)	20
K Factor (N/mm <sup>2</sup> )	2.07/2.07
Unit load (N/mm <sup>2</sup> )	48/48
Aspect ratio	0.6/0.75

**Table 3 Input parameters for three stage gear drives**

Transmitted power (kW)	8.0
Input/ Output Speed (rpm)	3520/32
Material	Carbon steel
Heat treatment	Carburized & Case hardened
Hardness (HB)	335/330
Gear Type	Spur
Pressure angle (deg)	20
K Factor (N/mm <sup>2</sup> )	1.24/2.07/2.07
Unit load (N/mm <sup>2</sup> )	31/48/48
Aspect ratio	0.6/0.6/0.75

**Table 4 Dimensions of existing elevator gear drive and result of this system (two stage gear drives)**

Stage	Elevator gear		Result of this system	
	One	Two	One	Two
Normal module (mm)	2.5	3.5	2.0	3.0
No.of teeth in pinion	24	21	22.0	25.0
No.of teeth in gear	119	92	130.0	97.0
Gear ratio	4.958	4.381	6.0	4.0
Pitch dia. of pinion (mm)	66.2	81.1	44.0	75.0
Pitch dia. of gear (mm)	328.3	355.2	260.0	291.0
Center distance (mm)	198	219	152.0	183.0
Face width (mm)	40	60	26.4	56.2

Stage	One	Two
Normal module(mm)	2.0	3.0
No. of teeth in pinion	22	25
No. of teeth in gear	130	97
Gear Ratio	5.909	3.88
Pitch dia. of pinion(mm)	44.0	75.0
Pitch dia. of gear(mm)	260.0	75.0
Center distance(mm)	152.0	183.0
Face width(mm)	26.4	56.25

**Fig. 6 Result of two stage gear drives**

Stage	1단	2단	3단
Normal module(mm)	1.5	2.5	4.0
No. of teeth in pinion	26	28	27
No. of teeth in gear	215	121	96
Gear Ratio	8.269	4.321	3.165
Pitch dia. of pinion(mm)	39.0	70.0	108.0
Pitch dia. of gear(mm)	322.5	70.0	108.0
Center distance(mm)	180.75	186.25	226.0
Face width(mm)	23.4	42.0	81.0

**Fig. 7 Result of three stage gear drives**

계산된다. 설계자가 입력한 치차 장치의 전달 동력과 입력 속도 및 출력 속도로서, 다만 치차 장치의 단수를 결정하고, 결정된 치차 단수에 맞도록 각종 인자를 입력받는다. 입력된 데이터를 가지고, 4장에서 계산식을 기초로 치차 크기를 대략적 계산하고, 표준 모듈 기준치로써 크기를 보정한다.

Fig. 6, Fig. 7은 Table 2, Table 3의 사양으로 계산된 결과이다. 이상의 결과를 현재 사용 중인, 헬리컬 치차로 구성된 엘리베이터 치차장치에 대해 설계 결과를 비교하였다 (Table 4). 설계 결과에 따르면 엘리베이터 치차장치의 제원과 비교해 피니언의 피치원 직경과 기어의 피치원 직경을 줄임으로써 전체 치차장치의 부피가 감소하였다.

## 6. 결론

본 논문에서는 기계공학에서의 설계 프로그램을 웹 기반 환경에서 수행하기 위한 웹 애플리케이션 구조를 제안하였다. 개발된 시스템은 Servlet 프로그램으로 서비스의 요청

및 처리를 제어하고, JavaBeans 프로그램으로 입력된 데이터로 적절한 계산을 수행하며, JSP 프로그램으로 계산된 데이터를 설계자에게 보여준다. 개발된 시스템 구성을 바탕으로 한 설계 계산 시스템은 JavaBeans 컴포넌트 기반의 설계 프로그램으로, 각각 수행되는 역할 별로 프로그램을 구성하여 시스템의 유연성과 재사용성을 높였으며, 웹 기반 설계를 통해 설계자가 쉽게 접근할 수 있도록 설계의 범용성을 높였다.

본 연구에서 제안한 웹 기반 시스템 구조의 효용성을 입증하기 위해 다단 치차 장치 설계 시스템을 적용하였다. 설계자가 전달 동력과 입력 및 출력 속도를 지정하면, 설계하고자 하는 치차의 단수를 결정하고, 기어비 계산과 K 계수, 단위하중, 종횡비의 결정을 통해 치차의 크기를 결정한다.

이러한 설계 프레임워크는 범용적인 것으로서 일반적인 기계 설계 분야에 쉽게 적용이 가능하며, 설계자에게 있어서 컴퓨팅 환경과 상관없이 언제 어디서나 설계 및 평가를 수행할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- (1) Farai, I., 2000, "An industry foundation classes Web based collaborative construction computer environment\_WISPER", *Automation in construction*, No. 10, pp. 79~99.
- (2) Huang, G. Q., 2001, "Development of a web based system for engineering change management", *Robotics and computer integrated manufacturing*, No. 17, pp. 225~267.
- (3) Peng, J., and Law, K. H., 2002, "A prototype Software Framework for Internet Enabled Collaborative Development of Structural Analysis Program", *Engineering with computers*, No. 18, pp. 38~49.
- (4) Lee, S. J., 1998, *Multi-Stage Gear Design Method(in Korean)*, Thesis of Master of Science, Hanyang University.
- (5) Bae, I. H., 2002, *An Automatic Design system for Multi-Stage Gear Drives Integrating Dimensional and Configuration Design Processes(in Korean)*, Thesis of Ph. D., Hanyang University.
- (6) Java™ 2 Platform, Standard Edition <http://java.sun.com>.
- (7) <http://www.e-campus.co.kr>.
- (8) Ahn, S. K., and Jung, C. K., 2002, *JSP Servlet(in Korean)*, Taechung.
- (9) Park, Y. J., 1977, *Machine Design(in Korean)*, Posung.
- (10) Dudley, D. W., 1984, *Handbook of Practical Gear Design*, McGraw Hill, Inc.
- (11) Niemann, G., and Winter, H., 1989, *Maschinenelemente*, Springer Verlag.