

로봇 요소품 설계 프로그램 개발

정일호*, 김창수#, 서종희**, 박태원***, 김희진****, 최재락****, 변경석****

Development of a Robot Element Design Program

Il Ho Jung *, Chang Su Kim#, Jong Hwi Seo **, Tae Won Park***,
Hee Jin Kim****, Jae Rak Choi**** and Kyng Seok Byun****

ABSTRACT

This paper presents the development of the design of the robot element. Robot element design is an important part of robot design since it decides the performance and life time of the robot. It is necessary that the robot kinematics and the robot dynamics are accomplished to design the robot elements. The robot kinematics and dynamics determine the design parameters of the element. We developed a robot element design program with which a designer can design the robot element with convenience and reliability. The program is composed of motor, harmonic driver and ball-screw design. The program is founded on the virtual robot design program. The virtual robot design program is the powerful software which may be used to solve various problems of the robot kinematics and dynamics. The robot element design program may be used to calculate the design parameters of the element that are necessary to design robot element. Therefore, the designer can decide upon the available robot elements available to perform the objective of the robot. The robot element design program is expected to increase the competitiveness and efficiency of the robot industry.

Key Words : Robot Element Design(로봇 요소품 설계), Motor Design(모터 설계), Harmonic Driver Design(하모닉 드라이버 설계), Ball Screw Design(볼스크류 설계), Bearing Design(베어링 설계)

1. 서론

로봇은 인간이 작업하기 힘든 산업현장에서 인간의 노동력을 대신하여 제품의 불량률을 줄여 생산성을 높이고, 정밀도가 높은 고부가가치 산업에서 작업능력을 발휘하여 실용성을 증명하고 있

다. 또한 최근에는 인공지능형 로봇이 개발되어 우리들의 생활 속으로 영역을 넓히고 있으며 로봇의 적용범위는 커지고 있다.

다양한 목적으로 개발이 요구되는 로봇의 작업환경과 운동능력에 맞게 로봇을 개발하기 위해서는 다음의 설계 과정을 필요로 한다. 하나, 로봇의 전체 설계 중 개념설계/기초설계에 해당하며

* 접수일: 2004년 7월 27일; 게재승인일: 2005년 2월 18일

아주대학교 대학원

교신저자: 아주대학교 기계공학과

E-mail geo2477@naver.com Tel. (031) 219-2952

** 아주대학교 대학원

*** 아주대

**** 삼성전자

로봇 링크의 길이나, 작업영역에 대한 설계 변수를 결정하는 로봇 기구설계. 둘, 로봇 상세설계에 해당하며 작업을 수행하는데 필요한 운동능력 설계 변수를 결정하는 로봇 동역학설계. 셋, 로봇 기구, 동역학 설계를 기초로 하여 로봇이 최적의 성능을 발휘할 수 있는 로봇의 부품들을 결정하는 요소품 설계가 있다.

로봇 요소품은 로봇 운동을 구현하는 실질적 부품이다. 대표적으로는 모터, 감속기, 베어링, 볼 나사 등이 있다. 로봇 요소품을 설계하는데 있어 가장 중요한 변수는 성능과 수명이다. 로봇 요소품은 요구되는 운동능력을 충분히 발휘할 수 있는 성능(performance)과 장시간 그 운동을 지속할 수 있는 수명(life time)을 지니고 있어야 한다.

본 연구에서 제시하는 로봇 요소품 설계 프로그램은 로봇 기구설계와 동역학설계를 수행하는 기 개발된 로봇 설계 프로그램을 기반으로 개발되었다.¹⁻²

Fig. 1 과 같은 알고리즘을 기반으로 로봇 요소품 설계 프로그램을 개발하였다. 로봇 설계자는 로봇 요소품 설계 프로그램을 이용하여 로봇이 최적의 운동을 수행할 수 있는 요소품을 선정할 수 있다.

본 연구에서 자동 설계할 수 있는 로봇 요소품은 다음과 같다. 링크의 움직임을 구동 시키는 모터(motor), 모터의 고속회전을 큰 힘(torque)으로 변환시키는 감속기(harmonic driver), 회전운동을 직선운동으로 변환시켜주는 볼 나사(ball screw), 물체를 회전운동 시켜 동력과 변위를 전달하는 베어링(bearing) 등을 자동 설계할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

2. 버츄얼 로봇 설계 프로그램

2.1 로봇 기구 설계 모듈

로봇 기구설계 모듈에서 로봇 설계자는 로봇기구 설계에 해당하는 링크의 데나비트-하텐버그인자(Denavit-Hartenberg parameter), 로봇 기구/역기구학(forward/inverse kinematics), 로봇 작업경로(motion plan), 작업영역(work space)과 같은 로봇 기구설계를 수행할 수 있다.³⁻⁹

Fig. 2 에서는 프로그램으로 구성 되어있는 로봇 기구설계흐름도를 보여주고 있다

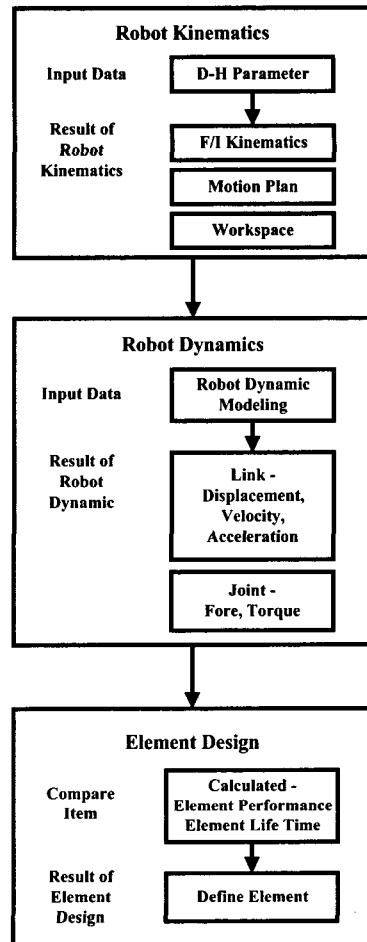


Fig. 1 Flow chart of element design

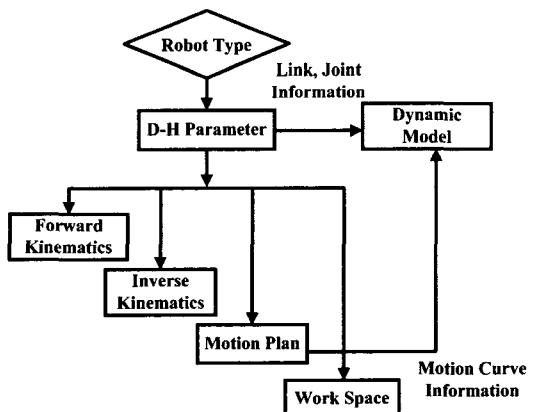


Fig. 2 Flow chart of robot kinematics module

2.2 로봇 동역학 설계 모듈

Fig. 3 은 로봇 동역학 설계모듈 알고리즘이다. 로봇 설계자는 로봇 설계프로그램에서 로봇 동역학 설계모듈을 이용하여 링크 정보, 링크 구속 조건, 구동 조건을 구성하여 로봇 동역학 모델링을 완성할 수 있도록 개발하였다. 완성된 로봇 동역학 모델의 로봇 동역학 정보는 동역학 해석기에 전달되고 해석기를 통하여 로봇의 동역학 자료를 확보할 수 있다. 그리고 이러한 정보는 설계 자료로 이용될 수 있는 3 차원 애니메이션과 그래프로 확인할 수 있다. 로봇 동역학 해석 결과로는 로봇 링크의 속도, 가속도, 반력(힘), 토크 등을 구할 수 있도록 되어있다.¹⁰⁻¹² 로봇 동역학설계 모듈에서 구해지는 로봇 링크에 대한 반력(힘), 토크는 로봇 요소품 설계를 설계 하는 해석자료로 이용될 수 있다. 포스트-프로세스(post-process) 그래프에서 로봇 동역학모듈과 요소품 설계 모듈과의 데이터 인터페이스가 이루어 질 수 있도록 개발되었다.

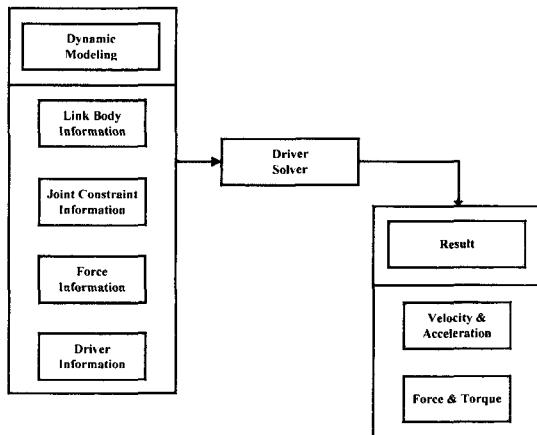


Fig. 3 Robot dynamic design module

2.3 로봇 요소품 설계

로봇 요소품은 로봇의 성능을 결정하는 중요한 부품이다. 로봇 운동 성능에 맞는 요소품을 결정하기 위해서는 여러 가지 성능 평가 시험이 있어야 한다.

실제 성능 평가 시험을 수행하기 위해서는 고가의 실험장비와 테스트에 대한 많은 경험적 지식을 필요로 한다. 또한 실험으로 얻은 데이터를 바

탕으로 적절한 요소품을 결정하기 위해서는 여러 가지 수식 계산이 필요하다. 이를 위해서는 다양한 소프트웨어가 설계자에게 요구된다.

본 연구에서는 베츄얼 로봇 설계 프로그램의 로봇 기구설계, 동역학 설계와 연계하여 Fig. 4 와 같은 기본 알고리즘을 바탕으로 요소품 선정 프로그램을 개발하였다.¹³⁻¹⁵

요소품을 선정하기 위한 프로그램의 진행과정은 Fig. 5 에서와 같이 첫 번째(step-1) 단계에서 가상의 3 차원 공간에서 로봇 기구학과 동역학을 고려하여 실제와 같은 운동능력을 발휘하는 로봇동역학 모델을 구성한다. 두 번째(step-2) 단계에서는 실제 로봇이 운동하는 운동조건 데이터를 확보하여 로봇 동역학해석을 수행하여 로봇 요소품 선정에 필요한 설계데이터(force, load and torque) 확보 한다. 세 번째(step-3) 단계에서는 운동조건과 확

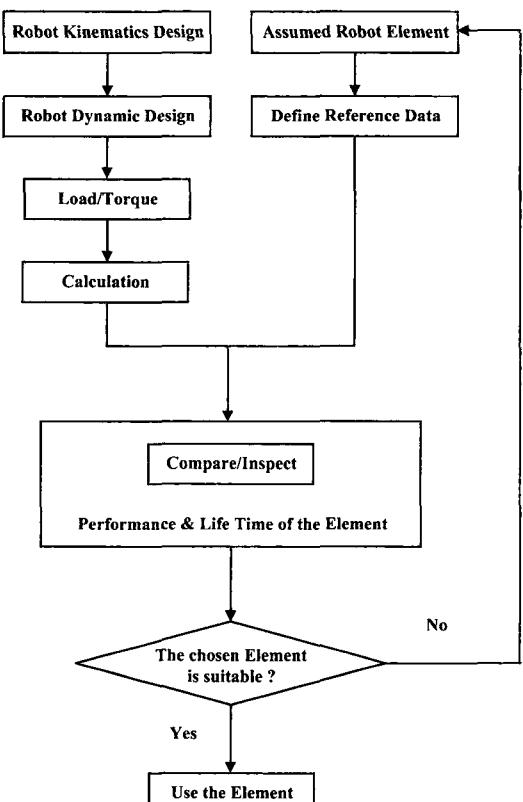


Fig. 4 Flow chart of element selection

보한 설계데이터를 기초로 하여 목표로 하는 로봇 운동 조건에 적합한 요소품 설계 변수들의 값을 계산하여 결정한다. 네 번째(step-4) 단계에서는 결정한 요소품 설계변수에 적합한 요소품을 선정 한다. 로봇 설계자는 로봇 요소품 설계 프로그램을 이용하여 요소품의 선정을 체계적이며 순차적으로 수행할 수 있고 요소품 별 중요 설계 변수를 결정할 수 있다.

Fig. 6 는 각 요소품의 가선정 데이터를 확인할 수 있는 다이얼로그 창이다. 로봇 설계자는 요소 품 설계에 필요한 데이터 베이스를 텍스트 파일로 저장할 수 있고, 이를 다이얼로그 창으로 호출하여 성능 별 각 설계 변수 데이터의 값을 확인하고 요소품을 가 선정할 수 있도록 개발하였다. 그리고 또한 요소품 가 선정 다이얼로그 박스 창에서 는 새로운 요소품에 대한 데이터베이스 구축이 가능하며, 기존의 데이터를 수정할 수 있도록 되어 있다.

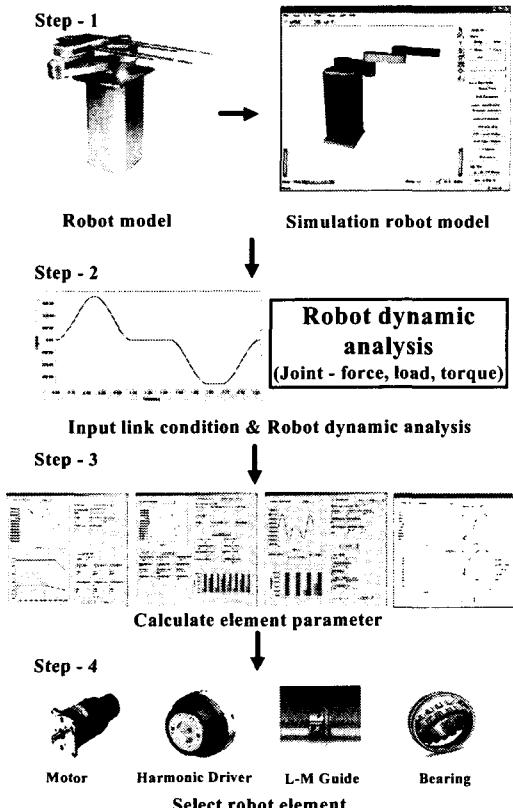


Fig. 5 Process of the robot element design

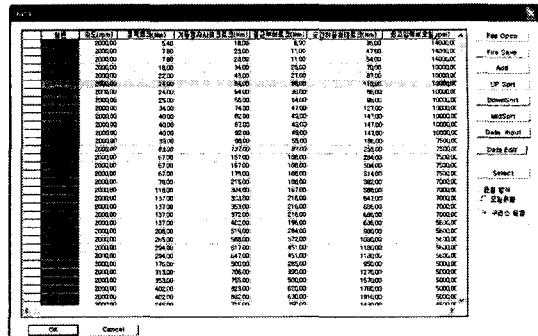


Fig. 6 Dialog box of the element data

3. 로봇 요소품 설계 프로그램

3.1 모터 설계 프로그램

모터 선정 방법은 다음과 같다. 하나, 베츄얼 로봇 설계 프로그램의 동역학 해석 모듈을 이용하여 로봇 동역학 해석을 수행한 후 운동 조건에 요구되는 조인트 최고 회전수(max rpm), 최고 토크(max torque), 정격 회전수(rating rpm) 및 정격 토크(rating torque)를 결정한다. 둘, 선정하고자 하는 모터를 가 선정한다.

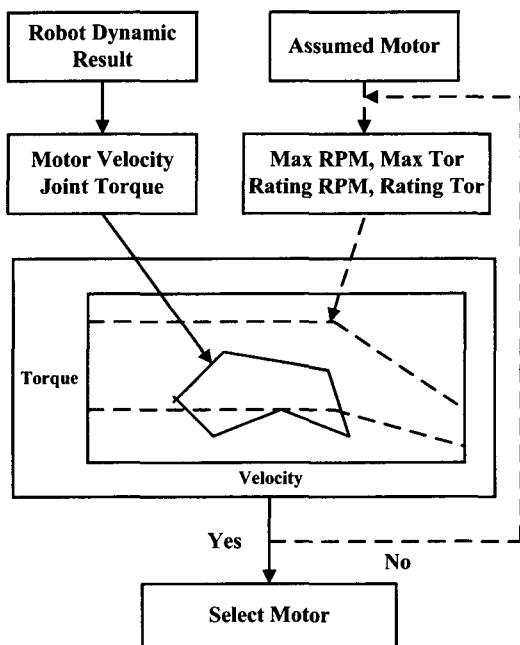


Fig. 7 Algorithm for motor selection

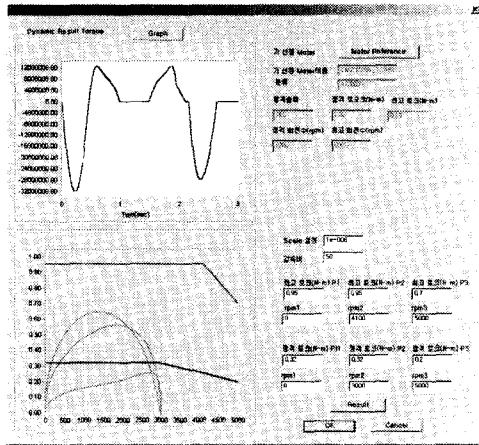


Fig. 8 Motor design program

셋, 프로그램을 이용하여 계산 된 모터 설계 변수와 가 선정한 모터 설계 변수를 비교 검토한다.

모터의 적용은 가 선정 모터의 사양이 설계 로봇의 운동 능력을 수용할 수 있는지를 판단한다. 설계자는 모터 선정 프로그램을 이용하여 모터 설계 변수를 결정하고 적합한 모터를 선정할 것이다. Fig. 7에서 모터 선정 알고리즘을 확인할 수 있다.

Fig. 8는 모터 선정 알고리즘을 바탕으로 개발된 모터 선정 프로그램이며 웨이퍼 이송 로봇에 이용되는 조인트 모터에 대하여 모터 요소품을 선정하였다.

3.2 감속기 설계 프로그램

감속기 설계 프로그램에서 감속기를 선정하는 방법과 절차는 다음과 같다. 하나, 감속기 설계변수인 운동 조건 별 조인트 토크를 구한다. 둘, 감속기를 가 선정하여 계산된 설계변수와 비교, 검토 할 기준 데이터를 설정한다. 셋, 계산된 감속기 설계변수와 가 선정한 설계변수에 대하여 평가 항목인 평균 부하 토크(tav), 평균 출력 회전수(nav), 기동/정지시 토크(t1, t3), 정상 상태 토크(t2), 평균 부하 토크(teq), 비상 정지 시 충격 토크(t4), 허용 빈도(n) 및 수명(l) 등에 대하여 비교 검토한다. 넷, 가 선정 감속기 선택의 가·불가를 결정한다. Fig. 9에서 감속기 알고리즘을 확인할 수 있다.

Fig. 10는 감속기 선정 알고리즘을 바탕으로 개발된 감속기 선정 프로그램이다. 웨이퍼 이송 로봇에 사용되는 감속기 대하여 감속기 요소품 선

정하였다.

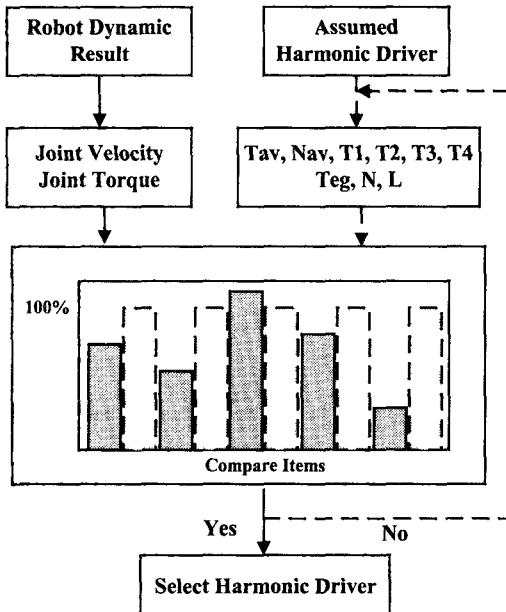


Fig. 9 Algorithm of harmonic driver

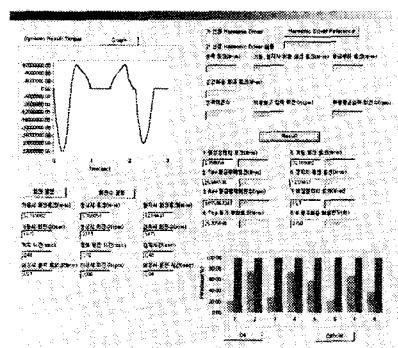


Fig. 10 Harmonic design program

3.3 볼 나사 설계 프로그램

볼 나사 설계 프로그램에서 볼 나사를 선정하는 방법과 절차는 다음과 같다. 하나, 베츄얼 로봇 설계 프로그램을 이용하여 볼 나사 설계 변수인 운동 조건에 따른 축 방향 하중을 구한다. 둘, 볼 나사를 가 선정하여 볼 나사 기본 설계 자료 리드(lead), 볼 심경(bcd), 볼 직경(d), 정정격하중(co), 동정격하중(coa)을 결정한다. 셋, 계산된 설계 변수와 가선정 설계 변수에 대하여 설계항목인 좌굴 하중, 허용 인장 압축하중, 위험 속도 회전 수, 허용 회

전수로 연산하여 비교 검토한다. Fig. 11은 볼 나사의 알고리즘을 보여주고 있다.

Fig. 12은 개발된 볼 나사 설계 프로그램을 보여주고 있다. 웨이퍼 이송 로봇에 이용되는 볼 나사에 대한 요소들을 선정하였다.

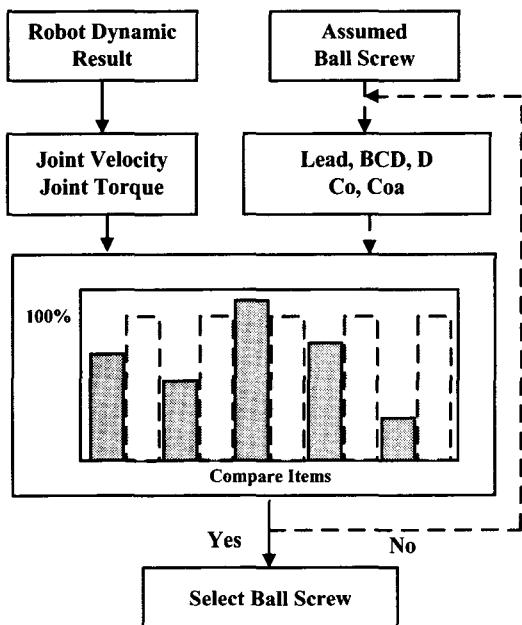


Fig. 11 Algorithm for ball screw selection

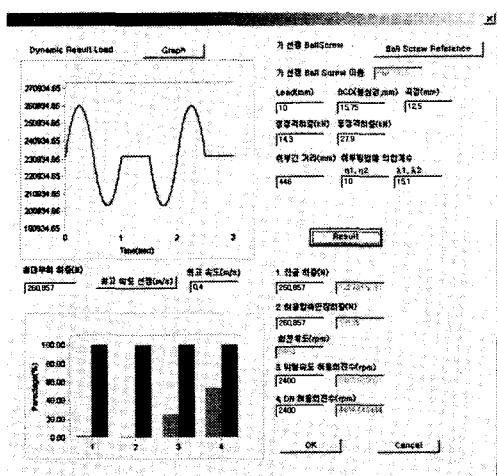


Fig. 12 Ball screw design program

3.4 베어링 설계 프로그램

베어링 설계 프로그램에서 볼 베어링과 크로스베어링에 대한 요소를 선정 프로그램을 개발하였다.

베어링을 선정하는 방법과 절차는 다음과 같다. 하나, 선정할 베어링 타입을 결정한다. 둘, 베어링 선정에 중요한 항목은 베어링 축에 부하되는 축방향 하중(fa)과 경방향 하중(fr), 그리고 모멘트(m)를 결정하는 것이다. 로봇의 운동과정에서 베어링 축이 받는 하중은 모양에 따라 다음과 같이 직선형(straight type), 일반형(simple type), 사인형(sine type), 계단형(step type)으로 구분하고 이에 따른 평균하중을 계산하는 식이 다르므로 베어링 축에 부하되는 적절한 형태 하중, 모멘트 결정으로 평균하중과 모멘트를 결정한다. 셋, 베어링을 가선정하여 베어링 기본 설계 자료 내경(d), 외경(D), 높이(b), 정정격하중(co), 동정격하중(coa), 안전계수(fo)를 결정한다.

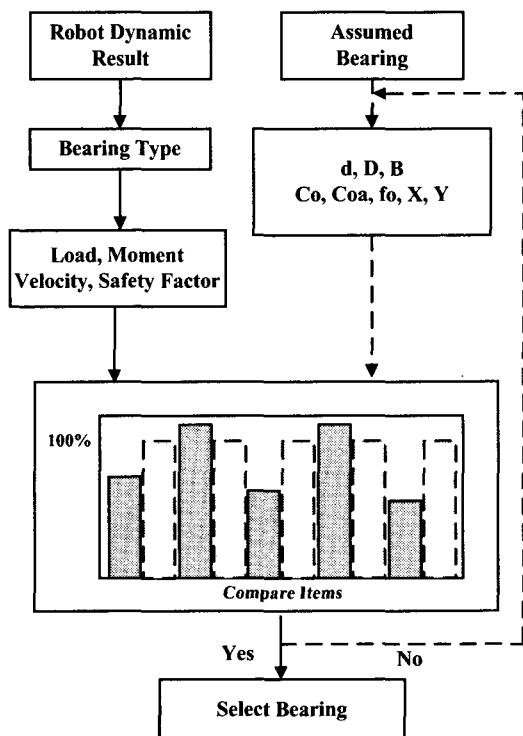


Fig. 13 Algorithm for bearing selection

4. 결론

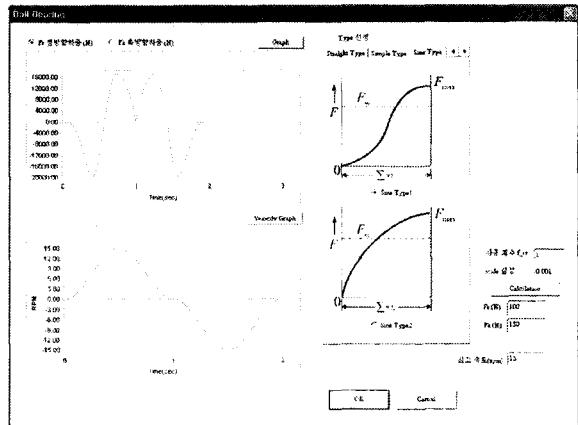


Fig. 14 Bearing design program(select load)-1

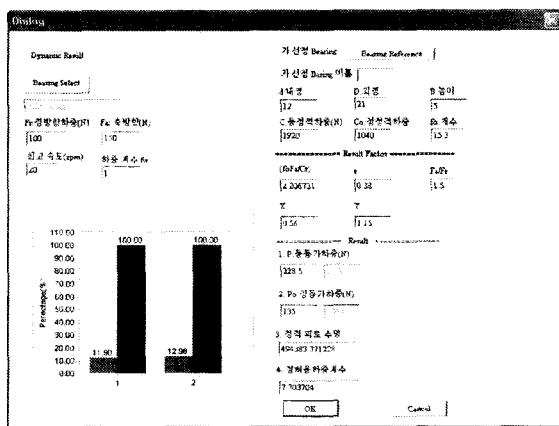


Fig. 15 Bearing design program-2

하중 계산에 따른 계산 요소, $f_0(f_a/c_r)$, X, Y 를 결정 한다. 넷, 계산된 설계 변수와 가선정 설계 변수에 대하여 설계항목인 동등가 하중(p), 정등가 하중(po), 정격피로수명, 정허용 하중계수를 결정한다. Fig. 13 은 베어링의 알고리즘을 보여주고 있다.

Fig. 14 과 Fig. 15 는 개발된 베어링의 설계 프로그램을 보여주고 있다. 웨이퍼 이송 로봇에 이용되는 볼 베어링에 대한 요소품 선정을 수행하였다.

본 연구의 로봇 요소품 설계프로그램은 비쥬얼 C++ 를 기초로 프로그램을 개발하였으며, 3 차원 그래픽 라이브러리는 Open Inventor 를 ¹⁶ 이용하여 개발하였다. 로봇 요소품 설계는 로봇의 성능을 결정 짓는 중요한 설계이다. 로봇 요소품 설계 프로그램은 로봇 설계자가 로봇을 설계할 경우 상용 소프트웨어를 이용하여 수행할 수 있는 로봇 기구설계, 동역학 설계에 그치지 않고 실제 운동 조건에 부합한 로봇 요소품을 선정할 수 있는 장점을 가진 프로그램이다. 로봇 설계자는 베츄얼 로봇 설계 프로그램과 요소품 설계 프로그램에서 제공하는 다양한 툴 기능을 이용하여 로봇 설계의 데이터와 요소품 라이브러리를 효율적으로 확보 및 관리할 수 설계 체계화를 구축할 수 있다.

본 프로그램은 로봇 설계자들과 실제 설계 사항들을 기반으로 구성하여 프로그램의 신뢰성을 높였다. 요소품 설계 프로그램을 이용하면 실제 테스트를 수행함으로 걸리는 시간적 손실과 경제적 손실을 크게 줄일 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

1. Park, T. W., "Development of Virtual Robot Design Program," J. of the KSPE, 03F248, 2003.
2. Kim, C. S., "Development of Robot Element Design Module is founded Virtual Robot Design Program," J. of the KSPE, 04S088, 2004.
3. Fu, K. S., Gonzalez, R. C., Lee, S. G., "ROBOTICS," McGraw-Hill Book Company, pp.36-76, 1987.
4. CR, J. J., Introduction To Robotics Mechanics and Control, Addison-Wesley, 1986.
5. Elmaraghy, H. A., Hamid, L., "ROBOCELL : A Computer Aided Robots Modelling and Workstation Layout System," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.2, No.2, pp. 43-59, 1985.
6. Wu, C., "A Kinematic CAD Tool for the Design and Control of a Robot Manipulator," International Journal of Robotic Research, Vol.3, No.1, pp. 58-67, 1984.
7. Eydgahi, A. M., Sheehan, J. J., "A Computer Animation of Robotic Manipulator and Workcells,"

- IEE Control System, pp. 56-59, 1991.
- 8. Kang, S. G., Son, K. and Choi, H. J., "Path Optimization Using an Genetic Algorithm for Robots in Off-Line Programming," J. of the KSPE, Vol. 19, No. 10, pp. 66-76, 2002.
 - 9. Kang, H. J., "Study on Kinematics and Dynamics of the Modular Robot," Proc. Of kspe, pp.46-53, December, 2002.
 - 10. Haug, E. J., "Computer Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems," Allyn and Bacon, 1989.
 - 11. Nikravesh, P. E., "Computer-Aided Analysis of Mechanical Systems," Prentice-Hall International, pp.186-248, 1988.
 - 12. Shabans, A. A., "Computational Dynamics," JOHN WILEY & SONS, pp.96-460, 2001.
 - 13. <http://www.samicklms.co.kr>
 - 14. <http://www.nachi.com>
 - 15. <http://www.nsk-corp.com>
 - 16. <http://www.kssi.co.kr>