

## 수치해석 프로그램을 이용한 미디어 이송 장치의 기구학적 최적설계

이순걸\* (경희대 기계공학과), 최진환(경희대 기계공학과), 배대성(한양대 기계공학과),  
조희제(평선베이쥬), 송인호(평선베이쥬), 김민수(MCRD㈜)

### Design Optimization of a Paper Feeding Mechanism using Numerical Analysis Program

S. G. Lee\* (Mecha. Eng. Dept. KHU), J. H. Choi (Mecha. Eng. Dept., KHU), D. S. Bae (Mecha. Eng. Dept., HYU)  
H. J. Cho (FunctionBay, Inc.), I. H. Song (FunctionBay, Inc.), M. S. Kim (MCRD, Inc.)

#### ABSTRACT

This paper shows the design optimization of the paper feeding mechanism under dynamic behavior by using commercial codes of RecurDyn/MTT2D and RecurDyn/AutoDesign which are developed by FunctionBay, Inc. A virtual mockup for dynamics analysis of the paper feeding mechanism is build on RecurDyn/MTT2D and is simulated. Flexible paper is represented as a series of rigid bars connected by revolute joints and rotational spring dampers. Paper is fed by a contact and friction mechanism on rollers or guides. The slip of the paper and nip force of rollers are measured to estimate the system performance. After a simulation, these performances are automatically send to RecurDyn/AutoDesign which is a sequential approximate optimization tool based on the response surface modeling. RecurDyn/AutoDesign makes the approximate objective function and computes the optimized design points of the design variables and gives them to analysis tool. And then the simulation is repeated with the updated design variables. These processes are repeated until finding a tolerable design optimization. In this paper, a paper feeding mechanism is introduced and it is optimized with the proposed algorithms.

**Key Words** : Paper feeding mechanism(종이 이송 장치), Media transport system(미디어 이송 시스템), Meta-Models(메타 모델), D.O.E.(실험계획법), Sequential approximate optimization(순차적 근사최적화)

#### 1. 서론

최근에 들어 프린트 복사기, 팩시밀리, ATM 등 많은 미디어 이송 시스템(Media Transport System; MTS)가 널리 사용되고 있다. 이런 종이 이송 장치의 설계에 있어서 종이를 원활하게 이송하고 생산비를 최소화할 수 있는 부품의 치수 및 물성치를 결정하는 것이 가장 중요한 부분이다. Cho 와 Choi[1,2]는 2 차원 및 3 차원 공간에서의 미디어 이송장치를 위한 컴퓨터 모델링 및 해석 기법을 개발하였다. 미디어 이송장치의 설계 초기단계에서 종이의 이동경로를 설정하고 이 경로에 맞추어 롤러의 위치나 가이드의 위치를 선정하고 설계된 경로에서 종이의 이송이 제대로 진행되는가에 대한 평가를 2 차원 해석 기법으로도 충분히 가능하도록 만들었다. Lee 와 Choi[3]는 상용 프로그램인 RecurDyn/MTT2D 에서 제시한 모델링 기법으로 제작된 시뮬레이션 모델을 해석하여 얻은 수치결과의 검증은 위하여 미디어 이송 실험 장비를 제작하였다. 본 논문은 2 차원상에서의 종이 이송 장치의 수치 예제가 소개되고, 설계 변수 및 성능 지수가 정의된다. 주어진 설계 조건으로부터

실험 계획법이 수행되고 그것으로부터 근사화 된 반응 표면을 구해 최적 설계를 수행한다.

#### 2. 종이 이송 장치의 최적 설계를 위한 예제

프린트의 인쇄부를 포함한 입력부와 출력부가 있는 간단한 종이 이송 시스템의 최적 설계를 위한 예제이다. 종이 이송 시스템의 상부 롤러부가 종이를 하단 롤러부로 이송시킨 후에 종이의 끝 단이 센서에 도달하면 하단의 롤러부가 다시 역 방향으로 회전하여 다시 종이를 상단부로 이송시키는 시스템이다. 이러한 이송 과정 중에 인쇄부에서는 종이에 인쇄를 실시한다. 종이 이송 시스템의 제작에 있어서 가장 중요한 성능은 인쇄 품질이다. 따라서 인쇄부에서의 종이 거동이 매우 중요하며, 이것은 종이의 슬립(slip)으로 그 평가가 가능하다.

#### 3. 설계 변수와 성능 지수

본 연구에 사용된 설계 변수는 상단 및 하단 롤러부의 물림 스프링의 강성 계수 2 개, 감쇠 계수 2 개, 초기 물림력 2 개와 하단 롤러부의 고정 롤러의 위치와 종이와 하단 롤러의 물림 방향 총 8 개를 선택하였다. 설계 변수들의 상한 및 하한 값들

은 표 1 에서와 같이 정의된다. 성능 지수는 종이의 인쇄 품질을 향상 시키기 위해서는 종이 이송 중에 발생하는 하단 롤러와의 슬립을 최소화해야 하며 물림 하중은 0.025N 보다 작아야 하는 구속 조건을 가진다.

	Comment	Low	Upper
DV1	Lower Spring K	0.6E-3	1.5E-3
DV2	Lower Spring C	0.6E-4	1.5E-4
DV3	Lower Spring P	2.0E-3	8.0E-2
DV4	Upper Spring K	0.6E-3	1.5E-3
DV5	Upper Spring C	0.6E-4	1.5E-4
DV6	Upper Spring P	2.0E-3	8.0E-2
DV7	Position of Roller	-3	3
DV8	Direction of Roller	-1	5

Table 1 Lower and upper limitation of design variables

#### 4. 실험 계획법과 최적 설계

RD/Auto-Design 에서, 초기-메타모델을 생성하기 위해 설계 변수의 개수가 8 개인 점을 고려하여 Discrete Latin-Hypercube 방법을 적용하였다. Latin-Hypercube 방법은 설계변수의 개수에 상관없이 실험점의 개수를 사용자가 정의할 수 있는 장점이 있으며 결과적으로 총 17 개의 실험점을 얻을 수 있었다. 얻어진 설계 변수 값들을 이용해서 시뮬레이션을 총 17 회 반복하면서 성능 지수를 해석 프로그램에서 얻는다. 실험계획법으로 얻어진 17 번의 시뮬레이션 결과를 시작으로 RD/Auto-Design 은 순차적인 근사 최적 해를 계산해 나간다. 추가 시뮬레이션 9 번 만에 믿을 만한 최적 해를 찾아낼 수 있었다. SAO9 에서의 슬립 평균과 합은 각각 3.19(mm/s)과 571.026(mm/s)이었고, 이 때의 물림 하중의 평균은 0.0247N 으로 0.025N 보다 작았다. 표 2 는 SAO9 에서 얻어진 설계 변수 값들이다.

	Low	SAO9	Upper
DV1	0.6E-3	1.5E-3	1.5E-3
DV2	0.6E-4	1.44E-4	1.5E-4
DV3	2.0E-3	1.9614E-4	8.0E-2
DV4	0.6E-3	7.9721E-4	1.5E-3
DV5	0.6E-4	0.6E-4	1.5E-4
DV6	2.0E-3	8.0E-2	8.0E-2
DV7	-3	2.119	3
DV8	-1	1.38044	5

Table 2 Optimized design variables from R-INOPL

#### 6. 결론

최적 설계를 위한 2 차원 상에서의 종이 이송 시스템을 상용 동역학 해석 프로그램을 이용하여 모델링하였고 동적 거동 해석을 수행하였다. 컴플라이언스 특성 및 장치 요소의 위치가 설계 변수로 정의되었다. 8 개의 설계 변수와 1 개의 목적 함수, 1

개의 구속 조건을 가진 설계 문제를 R-INOPL 을 이용해서 27 번 해석을 통해 각 설계 변수의 최적 해를 산출하는데 성공하였다. 그림 1 은 최적해에서 시뮬레이션으로부터 얻은 시간 영역에서의 물림 하중이다. 물림 하중은 시간 영역 전반적에서 상한치로 정의된 0.025N 보다 작게 나타났으며, 슬립은 평균 3.19(mm/s)로 수용할 만한 값이 도출되었다.

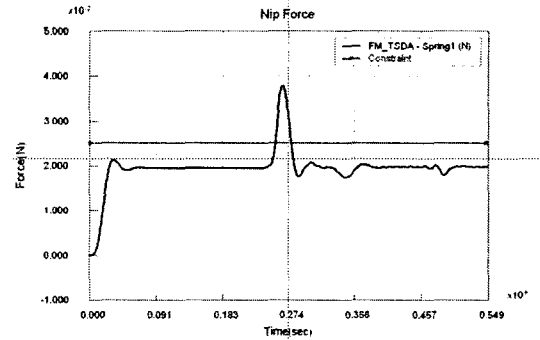


Fig. 1 Nip force with optimized design variables

#### 후 기

국방과학 연구소 관계자 분들께 감사 드립니다. 본 연구는 국방과학 연구소의 과제 연구비 지원으로 수행되었습니다. (ADD-04-05-02)

#### 참고문헌

1. Cho, H. J., Bae, D. S., Choi, J. H. and Suzuki, T., "Dynamic Analysis and Contact Modeling for Two Dimensional Media Transport System", Proceedings of DETC'03, DETC2003/MECH-48338, ASME 2003 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Chicago, Illinois, USA, September 2-6, 2003.
2. Cho, H. J., Bae, D. S., Choi, J. H., Lee, S. G. and Rhim, S. S., "Simulation and Experimental Methods for Media Transport System: Part I, Three-Dimensional Sheet Modeling Using Relative Coordinate", Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 19, No. 1, pp. 305~311, 2005.
3. Ryu, J. K., Song, I. H., Lee, S. G., Rhim, S. S. and Choi, J. H., "Simulation and Experimental Methods for Media Transport System: Part II, Effect of Normal Force on Slippage of Paper", Proceedings of ACM'D'04, The Second Asian Conference on Multibody Dynamics 2004, Olympic Parktel, Seoul, Korea August 1-4, 2004.