
In-Situ 고장허용 로봇을 위한 3차원 프린터 제작

Building a 3D Printer for In-Situ Fault-Tolerant Robots

김경중*

요약 고장허용 로봇은 손상에 안정적인 로봇을 말한다. 로봇은 다양한 형태의 기계적/전기적 결함을 포함할 수 있으며, 결과적으로 전체 시스템의 성능 하락을 가져올 수 있다. 사전에 모든 손상에 대응할 수 있는 로봇을 제작하는 것은 불가능하기 때문에, 실시간으로 로봇의 문제를 파악하고 대처하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 로봇에 발생한 물리적인 손상 (부품의 파손)을 실시간으로 보완하기 위한 3 차원 프린터 기술에 대한 연구결과를 소개한다. 3 차원 프린터는 3 차원 모델의 제작시간을 단축하기 위한 고속성형 기술로 건축, 기계 분야에서 널리 쓰이고 있다. 로봇이 자신에게 발생한 물리적 파손을 인식하고 이를 보완할 수 있는 3 차원 부속품을 고속으로 성형해서 사용한다면, 예측 불가능한 손상에도 대비할 수 있다. 본 연구에서는 저가의 3 차원 프린터 오픈 플랫폼인 Fab@Home 모델을 직접 제작하여 고장허용 로봇연구 응용 가능성을 파악해 본다.

↓

Abstract Fault-tolerant robot is a special type of robot resistant to the faults. Usually, robots suffer from a lot of physical/electrical faults and the performance of the system could degrade quickly as a result. Because it is not possible to prepare all types of faults, it is necessary to identify faults and repair them in situ. In this work, 3D printing technology is introduced to repair the damaged parts in real time. 3D printer is a tool to make products rapidly from 3D models and widely used in construction and mechanical engineering. If robot is able to identify the broken parts and builds complementary parts automatically using the 3D printer, it is possible to handle unexpected faults. In this work, we built a 3D printer based on the open platform called Fab@Home for the fault-tolerant robots.

↓

핵심어: *Fault-Tolerant Robot, Fab@Home, 3D Printer*

* 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2010-0012876) 및 뇌과학 원천기술개발사업(2010-0018948)

* 세종대학교 컴퓨터공학과 교수 e-mail: kimkj@sejong.ac.kr

1. 서론

로봇은 복잡한 전자/기계적 시스템으로, 작은 손상에도 민감하다. 로봇이 사람을 대신하여 매우 중요한 임무를 사람이 없는 환경에서 수행하는 경우, 작은 고장은 전체 임무의 실패를 의미한다. 일반 가정에서도 로봇의 고장은 자칫 큰 인명사고로 연결될 수 있다[1]. 사람의 경우 몸의 문제가 생기더라도 기존에 작업을 하던 방식을 바꿔 적응적으로 문제를 해결한다. 로봇의 경우 작업방식을 제작단계에서 고정적으로 프로그래밍하는 경우가 대부분이기 때문에, 작은 손상이 작업결과에 큰 영향을 미칠 수 있다.

3 차원 프린터는 건축, 기계, 생산 분야에서 시제품을 빠르게 제작하기 위한 목적으로 널리 활용되고 있다[2]. 실제 제품을 제작하기 까지 많은 시간을 걸리고 실패할 경우 큰 비용적 부담이 있기 때문에, 저렴한 비용으로 빠르게 제품의 형태를 성형해 보고 문제점을 발견하도록 돕는 기술이다. 제작자는 제품의 3 차원 CAD 모델을 만들어 3 차원 프린터를 통해 빠른 속도로 성형해 볼 수 있다. 일반적으로 3 차원 프린터는 매우 고가이기 때문에, 대중적으로 알려지지는 않은 상태이다.

최근, 의료분야에서 부서진 연골을 보완하기 위해 3 차원 프린터를 사용한 연구가 보고되고 있다[3]. 본 연구에서는 로봇이 모든 고장가능성을 사전에 준비하기 보다는 고장이 발생한 이후에 이를 파악하고 보완할 수 있는 부품을 그 자리에서 인쇄해서 사용하도록 한다. 로봇이 손상을 인식하고 부서진 부속품을 보완할 수 있는 새로운 부속품을 그 자리에서 인쇄하여 교체한다면, 손상에도 불구하고 기존 작업을 계속 진행할 수 있다. 하지만, 3 차원 프린터가 매우 고가이고 이동성이 떨어지는 문제점이 있다. 본 연구에서는 오픈 플랫폼으로 제공되는 3 차원 플랫폼인 Fab@Home 을 제작하여 고장허용 로봇에 적용할 수 있는 가능성을 파악해 본다 (Figure 1).

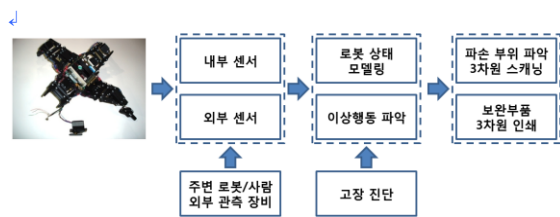


Figure 1. 고장 인식 및 3차원 프린터를 이용한 자동보완 로봇

2. 3 차원 프린터

고속의 제품 성형 분야에 널리 이용되고 있으며, 최근 들어 일반인도 저렴한 가격에 이용할 수 있도록 보급하기 위한 노력이 진행되고 있다. 이러한 노력으로 인해, 보급형 3 차원 프린터의 경우 2000 만원대에도 실제 이용 가능한 부속품을 제작할 수 있는 수준에 이르고 있다. 하지만, 아직까지도 고가에 속하고, 일반인이 이용하기에는 어려운 측면이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 연구 프로젝트가 진행되고 있으며, 그 중에 대표적인 것이 RepRap 이다[4]. 이 프로젝트의 경우 100 만원대의 저렴한

제작 키트를 제공하고 있다. 플라스틱을 녹여서 쌓는 기술을 이용하며, 최근에는 보다 정교한 출력이 가능한 500 만원대의 상용제품을 출시하기도 하였다. 가격이 저렴한 편이지만, 조립이 어렵고 플라스틱 재료만 출력할 수 있다는 단점이 있다.

Fab@Home 은 누구나 집에서 3 차원 모델을 인쇄해 볼 수 있도록 하는 것을 목표로 진행하는 프로젝트이다[5]. 프린터 설계도와 소프트웨어를 모두 공개하여 누구나 손쉽게 제작할 수 있도록 하고 있다. 주사기 방식을 사용하여 액체형태의 모든 재료를 인쇄할 수 있는 특징이 있다. 하지만, 주사기 방식을 이용하기 때문에 상대적으로 다른 3 차원 프린터에 비해 해상도가 떨어지는 단점이 있다. 본 연구에서는 수정이 쉽고 비교적 제작이 간편한 Fab@Home 을 이용하여 로봇 부속품을 인쇄하는 실험을 진행한다.

3. Fab@Home 제작 및 인쇄

Fab@Home 프린터의 설계도와 제작방법에 대한 설명은 <http://www.fabathome.org/> 을 통해 접근할 수 있다. 프린터의 기본 뼈대와 각종 지지대는 두께가 6mm 인 아크릴 판을 레이저 커팅해서 만든다. 국내의 경우 아크릴 두께가 6mm 인 경우가 표준이 아니기 때문에, 원판을 구하기 어려운 문제가 있다. 본 연구에서는 Fab@Home 설계내용대로 레이저커팅을 대신해 주는 업체를 이용하였다¹. 현재 Fab@Home 의 모델은 version 1.0 과 2.0 이 있으며, 지원하는 주사기의 개수에 따라 모델이 달라진다. Version 2.0 의 경우 1.0 에 비해 조립이 보다 간편해졌다. 본 연구에서는 Fab@Home 2.0 모델을 기초로 주사기 2 개를 지원하는 모델을 제작하기로 하였다. 프린터의 크기는 47cm×41cm×46cm 이다. 소형 로봇의 경우에 탑재하기에는 무리가 있지만, 인간형 로봇과 같은 대형 로봇의 경우 탑재가 가능한 크기이다.

3.1 부품 구입

Fab@Home version 2.0 을 제작하기 위해서는 총 35 개의 부품이 필요하다. 제작과정에서 부딪힌 가장 큰 문제는 부품이 국내에서 구하기 어려운 것들이 대부분이라는 점이다. 작은 볼트와 너트의 경우에도 기존 설계도를 따라서 제작할 경우 국내에서 구입이 불가능한 경우가 대부분이다. 국내에서 널리 통용되는 표준과 국제규격이 다른 경우로 인해 부품 수급이 어려운 경우도 있었고, 국내에서는 잘 쓰이지 않는 부품을 사용하는 경우도 있었다. 본 연구를 통해 screw 와 square nuts 의 경우 국내에서 구매가 가능함을 알 수 있었다².

¹ <http://www.nextfabstore.com/>

² <http://www.eshopshemeks.com/>



Figure 2. 아크릴 부속품, 모터, 주사기와 출력재료인 실리콘

3.2 조립 및 인쇄

Fab@Home CAD 모델을 참고해서 구입한 부품들을 조립하였으며, 2011년 1월부터 2011년 2월까지 컴퓨터전공 학부생 4명이 작업을 진행하였다. 기본 조립은 2개월에 걸쳐 완성할 수 있었으나, 실제 작동과정을 확인하는데 추가로 2개월이 필요하였다. 조립과정에서 아크릴이 부서지는 경우가 발생하여, 작업에 어려움이 있었다.



Figure 3. 조립한 Fab@Home 3차원 프린터

인쇄는 주방에서 흔히 사용하는 GE 실리콘을 이용하였다. 사용하기에 편리하고, 위험하지 않으며, 가격도 저렴한 재료이다. 프린터의 주사기에 공기가 들어가지 않도록 실리콘을 넣고, 장착한 후에 Fab@Home 소프트웨어를 이용하여 인쇄하였다.

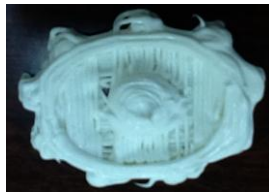


Figure 4. 기어모양의 부품 인쇄 결과

3.3 작업과정의 보고 및 공유

저렴한 3차원 프린터를 제작하고 이를 로봇 연구에 이용하려는 시도는 앞으로 다양하게 이루어질 것으로 보인다. 하지만, 대부분의 자료가 영어로 되어 있고, 연구원들이 이용하기에 어려운 점이 있다. 본 연구를 통해

관련 자료의 한글화를 진행하였고, 실제 제작과정의 경험을 공유하고자 하였다³.

4. 결론

로봇은 기계와 전자 부속품들로 이루어진 복잡한 구조체이다. 일부분이 파손되더라도 로봇의 성능은 크게 떨어질 수 있으며, 자칫 위험한 결과를 야기할 수 있다. 사전에 발생 가능한 모든 문제를 정의하고 이를 대처하는 것은 불가능하다. 본 연구에서는 로봇이 현재 자신의 상태를 파악하고 그 자리에서 문제를 해결할 수 있는 방법을 시도하였다.

본 연구는 로봇이 문제를 파악한 이후에 보완할 수 있는 부속품의 3차원 모델을 가지고 있다고 가정된 상태에서 손쉽게 인쇄할 수 있는 방법에 대해 실험을 진행하였다. 현재까지 시중에 나와 있는 3차원 프린터는 고가이며, 변형이 불가능하고, 부피가 크다. 이러한 문제를 보완하기 위해 오픈 플랫폼 3차원 프린터인 Fab@Home 을 제작해 보았고, 간단한 부속품을 인쇄해 보았다.

참고 문헌

- [1] K. A. Wyrobek, E. H. Berger, H. F. M. Van der Loos, and J. K. Salisbury, "Towards a personal robotics development platform: Rationale and design of an intrinsically safe personal robot," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 2165-2170, 2008.
- [2] D. Bak, "Rapid prototyping or rapid production? 3D printing processes move industry towards the latter," *Assembly Automation*, vol. 23, no. 4, pp. 340-345, 2003.
- [3] D. L. Cohen, J. I. Lipton, L. J. Bonassar, and H. Lipson, "Additive manufacturing for in situ repair of osteochondral defects," *Biofabrication*, vol. 2, 2010.
- [4] E. A. Sells, *Towards a Self-manufacturing Rapid Prototyping Machine*, Ph.D. Thesis, University of Bath, 2009.
- [5] H. Lipson, "Homemade: The future of functional rapid prototyping," *IEEE Spectrum*, pp. 24-31, 2005.

³ <http://cilab.sejong.ac.kr/> 에 접속하여 research 메뉴에서 fab@sejong을 택한다.